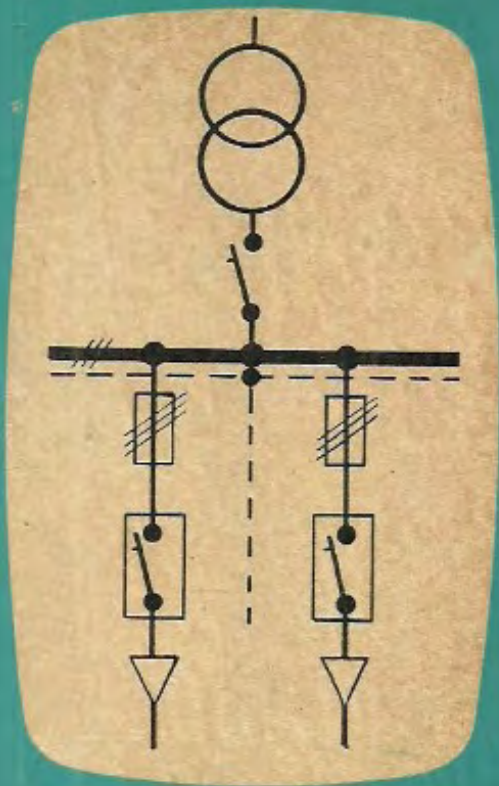


GH. CHIRIȚĂ
C. ALEXE



Cartea

INSTALATORULUI ELECTRICIAN



EDITURA TEHNICĂ

Cartea

INSTALATORULUI ELECTRICIAN

PREFAȚA

Ritmul impetuos de creștere a volumului construcțiilor, trasat prin Directivele Congresului al IX-lea al P.C.R., față de dezvoltarea pe care o vor cunoaște în actualul cincinal atît orașele cît și industria din țara noastră, pune sarcini sporite proiectanților și executanților de instalații electrice. Aceștia au de rezolvat probleme din ce în ce mai complexe și mai variate pentru ca instalațiile pe care le proiectează sau le execută să fie la un nivel tehnic cît mai ridicat.

Datorită întinderii obiectivelor civile și industriale pe suprafețe de teren importante și puterilor instalate foarte mari, realizarea unor instalații electrice economice și sigure în funcționare cere tratarea cu mare atenție a tuturor aspectelor pe care le pot avea problemele întîlnite.

Prin această lucrare s-a căutat să se pună la dispoziția proiectanților și executanților de lucrări de instalații electrice de joasă tensiune un material documentar necesar pentru rezolvarea atît a unor probleme curente privind instalațiile de iluminat și de forță, cît și a unor probleme cu caracter mai deosebit, dar nu mai puțin important, cum ar fi stabilitatea la scurtcircuit a unor instalații, compensarea energiei reactive și determinarea factorului de putere optim etc.

Materialul prezentat în lucrare este pus în concordanță cu ultimele ediții ale standardelor de stat, normativelor și prescripțiilor tehnice în vigoare, precum și cu cele mai recente materiale ce se fabrică în țara noastră.

Față de prima ediție a acestei lucrări, în lucrarea de față s-a dat o mai mare atenție problemelor de proiectare (dimensionare) a instalațiilor, fără să se omită cele mai importante probleme de execuție și de exploatare, cu tot ceea ce este mai nou în acest domeniu; în acest fel, actuala ediție este aproape complet schimbată în conținut și ridicată ca nivel față de prima ediție din 1961.

AUTORII

I. GENERALITĂȚI

A. TABELE GENERALE

Tabela 1-1. **Principalele semne convenționale fundamentale folosite în schemele instalațiilor electrice**

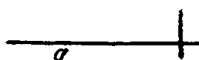
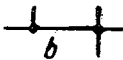
Denumirea	Semnul convențional
a. Generale, folosite în electrotehnică (după STAS 1590-50 revizuit) Curent continuu	  
Curent continuu sau alternativ	
Curent alternativ: <i>a</i> — monofazat; <i>b</i> — bifazat; <i>c</i> — trifazat	  
Sistem trifazat în triunghi: <i>a</i> — închis; <i>b</i> — deschis	 
Sistem trifazat în stea: <i>a</i> — cu neutrul inaccesibil; <i>b</i> — cu neutrul accesibil	 
Încrucișare de conductoare (linii): <i>a</i> — fără legătură electrică; <i>b</i> — cu legătură electrică	 
Conductă (linie) electrică, în general	

Tabela 1-1 (continuare)

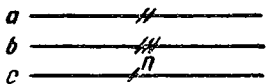
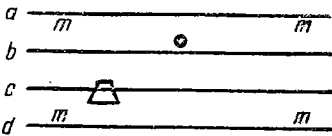
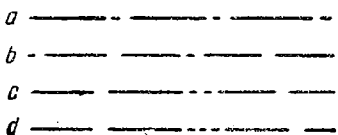
Denumirea	Semnul convențional
Traseu fizic comun pentru: a — două conductoare electrice; b — trei conductoare; c — n conductoare	
Rezistență, semn general	
Inductanță	
Capacitate, în general	
Priză de pământ, legare sau punere la pământ	
Legare sau punere la masă	
Variabilitate: a — continuă; b — în trepte	
b. Pentru instalații electrice interioare (după STAS 1842-50 revizuit) Montaj în circuite: a — aparent în general; b — aparent în tuburi; c — pe izolatoare; d — îngropat	
Circuite speciale: a — de protecție (în cazul unui circuit separat); b — de comandă, semnalizare și măsură; c — telefonie; d — de radio-distribuție și antene colective	

Tabela 1-1 (continuare)

Denumirea	Semnul convențional	
Branșament		
Tablou de distribuție: <i>a</i> — în general (sau de marmură); <i>b</i> — capsulat (sau panou metalic)		
Siguranță fuzibilă: <i>a</i> — semn general; <i>b</i> — tripolară de <i>n</i> A	 <i>sau</i>	 <i>sau</i>
Priză bipolară: <i>a</i> — normală; <i>b</i> — dublă; <i>c</i> — cu contact de protecție	 <i>1.</i>	 <i>2.</i>
Secțiune în conductă venind de sus, sau mergând în sus: <i>a</i> — în care energia merge în sus; <i>b</i> — în care energia vine de sus		
Secțiune în conductă venind de jos, sau mergând în jos: <i>a</i> — în care energia merge în jos; <i>b</i> — în care energia vine de jos		
Corp de iluminat pentru lămpi cu incandescență: <i>a</i> — în general; <i>b</i> — cu indicativ A, cu trei lămpi cu câte 40 W, montat pe circuitul C la înălțimea <i>h</i> ; <i>c</i> — pentru iluminat de siguranță; <i>d</i> — proiector		
Lampă de semnalizare: <i>a</i> — în general; <i>b</i> — pentru instalații de curenți slabi		

Tabela 1-1 (continuare)

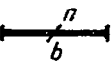
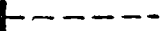
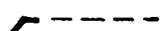
Denumirea	Semnul convențional
Corp de iluminat pentru lămpi cu luminescență: <i>a</i> — în general; <i>b</i> — pentru <i>n</i> lămpi	 
c. Pentru aparate de conectare (după STAS 2877-51 revizuit) Separator monopolar, cuțit, simplă separare	
Înterupător: <i>a</i> — în general; <i>b</i> — bipolar; <i>c</i> — comutator bipolar	  
Element de conectare mobil, acționat automat: <i>a</i> — în general; <i>b</i> — la curent maxim; <i>c</i> — la curent minim; <i>d</i> — la tensiune maximă; <i>e</i> — tensiune minimă; <i>f</i> — la curent invers	     
Contact, semn special, pentru: <i>a</i> — contactor; <i>b</i> — ruptor	 
Contact auxiliar: <i>a</i> — normal închis; <i>b</i> — normal deschis, cu o poziție; <i>c</i> — normal deschis, cu două poziții	  
d. Pentru reprezentarea modului de acționare a aparatelor de conectare (după STAS 3812-53 revizuit) Acționare manuală	
Acționare prin pedală	

Tabela 1-1 (continuare)

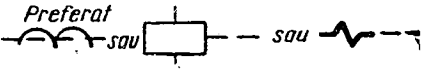
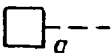
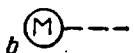
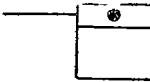
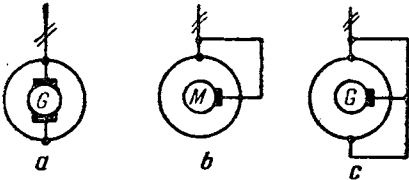
Denumirea	Semnul convențional
Acționare prin electromagnet	<i>Preferat</i> 
Acționare prin servomotor: <i>a</i> — în general; <i>b</i> — prin motor electric	 
Acționare pneumatică prin presiune de lichid sau de gaze	
<i>e. Pentru aparate de utilizare a energiei electrice (după STAS 2878-51 revizuit)</i> Mașină electrică de gătit	
Încălzitor electric de apă	
Mașină de spălat rufe	
Răcitor electric	
Aparat de încălzit cu carcasă deschisă	
<i>f. Pentru mașini și transformatoare electrice (după STAS 2408-56 revizuit)</i> Generator sau motor de curent continuu, cu excitație: <i>a</i> — în serie; <i>b</i> — în derivație; <i>c</i> — mixtă	

Tabela 1-1 (continuare)

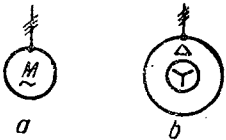
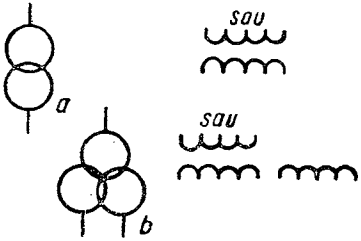
Denumirea	Semnul convențional
Motor asincron trifazat: <i>a</i> — cu rotorul în scurtcircuit; <i>b</i> — cu rotorul bobinat (statorul în triunghi și rotorul în stea)	
Transformator: <i>a</i> — cu două înfășurări; <i>b</i> — cu trei înfășurări	
Autotransformator	
<i>g. Pentru aparate de măsurat (după STAS 3526-52 revizuit)</i> Voltmetru	
Ampermetru	
Wattmetru	
Varmetru	

Tabela 1-1 (continuare)

Denumirea	Semnul convențional
Cosfimetru	
Frecvențmetru	
Wattmetru înregistrator	
Contor de energie activă	
Voltmetru	
Wattmetru pentru curent continuu și alternativ monofazat	
Wattmetru pentru curent trifazat, cu patru conductoare (sarcini echilibrate)	

Tabela 1-1 (continuare)

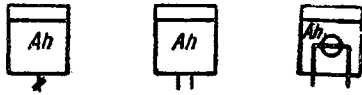
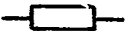
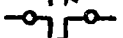
Denumirea	Semnul convențional
Wattmetru pentru curent trifazat, cu trei conductoare (sarcini echilibrate)	
Contor de amper-ore	
Contor de energie activă pentru curent continuu sau alternativ monofazat, cu circuitul de tensiune legat în interior de circuitul de curent	
h. Pentru relee de protecție (după STAS 3527-56 revizuit) Releu de curent: a — în general; b — maximal	
Releu de tensiune: a — în general; b — de tensiune minimă	
Releu diferențial	
Releu direcțional de putere	
Releu de timp cu temporizare mecanică, în general	

Tabela 1-1 (continuare)

Denumirea	Semnul convențional
Releu de semnalizare serie	
Releu de gaze	
Releu de frecvență	
Releu de temperatură	
Releu termic	 
Bobină*): <i>a</i> — de curent; <i>b</i> — de tensiune (semnele din dreapta sînt pentru scheme detaliate)	<i>a</i>  <i>b</i>   
Contacte de releu*): <i>a</i> — normal deschis, cu funcționare instantanee; <i>b</i> — idem, normal închis; <i>c</i> — normal deschis, cu tem- porizare la închidere; <i>d</i> — normal închis, cu întârziere la revenire; <i>e</i> — pasager	<i>a</i>  <i>b</i>  <i>c</i>  <i>d</i>  <i>e</i>      

*) Semnele din dreapta sînt pentru scheme detaliate

Tabela 1-2. Principalele mărimi și unități de măsură folosite în electrotehnică

Mărimea		Unitatea de măsură	
Denumirea mărimii	Simbolul	Denumirea unității de măsură	Simbolul
<i>Mărimi geometrice</i>			
Lungime	l	Metru (STAS 737-62) unitate fundamentală în sistemul SI	m
Arie, suprafață, secțiune	A, S	Metru pătrat	m^2
Volum	V	Metru cub	m^3
Unghi plan	α, β, γ etc.	Grad Radian	$^\circ$ rad
Unghi solid	ω, Ω	Steradian	str
<i>Mărimi mecanice</i>			
Timp	t	Secundă (STAS 737-62) unitate fundamentală în sistemul SI	s
Viteză	u, v, w, c	Metru pe secundă	m/s
Accelerație	a	Metru pe secundă la pătrat	m/s^2
Viteză unghiulară	ω	Radian pe secundă	rad/s
Turație, viteză de rotație	n	Rotații pe secundă	rot/s
Masă	m, M	Kilogram (STAS 737-62) unitate fundamentală în sistemul SI	kg
Forță	F	Newton	N
Presiune	p	Newton pe metru pătrat	N/m^2
Energie (lucru mecanic, energie cinetică etc.)	$W, (A)$	Joule	J
Putere	P	Watt	W
Momentul unei forțe (cuplul)	M	Newton-metru	$N \cdot m$

Tabela 1-2 (continuare)

Mărimea		Unitatea de măsură	
Denumirea mărimii	Simbolul	Denumirea unității de măsură	Simbolul
<i>Mărimi electrice</i>			
Curent, intensitatea curentului	I, i	Amper (STAS 737-62) unitate fundamentală în sistemul SI	A
Cantitate de electricitate, sarcină electrică	Q	Coulomb	C
Tensiune electrică, diferență de potențial electric, cădere de tensiune, potențial, forță electromotoare	U, u, V, E, e	Volt	V
Rezistență electrică Reactanță Impedanță	R, r, X, x, Z, z	Ohm	Ω
Conductanță	G	mho (Siemens)	$\frac{1}{\Omega}$
Capacitate	C	Farad	F
Cîmp electric	E	Volt pe metru	V/m
Energie electrică	W	Joule Wattoră	J Wh
Puterea electrică Putere aparentă Putere activă Putere reactivă	P, S, P, p, Q, q	Watt Volt-amper Watt var	W VA W var
<i>Mărimi magnetice</i>			
Flux de inducție magnetică	Φ	Weber (Volt-secundă)	Wb
Inducție magnetică	B	Weber pe metru pătrat	Wb/m ²
Cîmp magnetic	H	Amper-spiră pe metru	A · sp/m
Forță magnetomotoare	F, F, F_m	Amperspiră	A · sp
Inductanță	L	Henry	H

Tabela 1-2 (continuare)

Mărimea		Unitatea de măsură	
Deumirea mărimii	Simbolul	Denumirea unității de măsură	Simbolul
<i>Mărimi fotometrice</i>			
Intensitate luminoasă	<i>I</i>	Candelă (STAS 737-62) Unitatea fundamentală în sistemul SI	cd
Flux luminos	Φ	Lumen	lm
Iluminare	<i>E</i>	Lux	lx
Luminanță	<i>B</i>	Candelă pe metru pătrat (nit) Stilb (1 sb = 10 ⁴ nt)	cd/m ² = nt sb
Radianță	<i>R</i>	Lux	x
Cantitate de lumină	<i>Q</i>	Lumen-secundă	lm · s
Factor de eficacitate luminoasă	η	Lumen pe watt	lm/W
Cantitate de iluminare	<i>L</i>	Lux-secundă	lx · s

Tabela 1-3. Prefixele și simbolurile pentru multiplii și submultiplii zecimale
(După STAS 669-49)

Prefixul	Simbolul	Numărul cu care se multiplică unitatea de măsură
pico	p	10 ⁻¹² sau 0,000 000 000 001
nano	n	10 ⁻⁹ sau 0,000 000 001
micro	μ	10 ⁻⁶ sau 0,000 001
mili	m	10 ⁻³ sau 0,001
centi	c	10 ⁻² sau 0,01
deci	d	10 ⁻¹ sau 0,1
deca	da	10 sau 10
hecto	h	10 ² sau 100
kilo	k	10 ³ sau 1 000
mega	M	10 ⁶ sau 1 000 000
giga	G	10 ⁹ sau 1 000 000 000
tera	T	10 ¹² sau 1 000 000 000 000

Tabela 1-4. Valorile naturale ale funcțiilor trigonometrice

Sinus

Grade	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,000	90
0	0,000	0,017	0,035	0,052	0,070	0,087	0,105	0,122	0,139	0,156	0,174	80
10	0,174	0,191	0,208	0,225	0,241	0,259	0,276	0,292	0,309	0,326	0,342	70
20	0,342	0,358	0,375	0,391	0,407	0,423	0,438	0,454	0,469	0,485	0,500	60
30	0,500	0,515	0,530	0,545	0,559	0,574	0,588	0,602	0,616	0,629	0,643	50
40	0,643	0,656	0,669	0,683	0,695	0,707	0,719	0,731	0,743	0,755	0,766	40
50	0,766	0,777	0,788	0,799	0,809	0,819	0,829	0,839	0,848	0,857	0,866	30
60	0,866	0,875	0,883	0,891	0,899	0,906	0,914	0,921	0,927	0,934	0,940	20
70	0,940	0,946	0,951	0,956	0,961	0,966	0,970	0,974	0,978	0,982	0,985	10
80	0,985	0,988	0,990	0,993	0,995	0,996	0,998	0,999	0,999	1,000	1,000	0
90	1,000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Grade

Cosinus

Tangentă

Grade	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,000	90
0	0,000	0,017	0,035	0,052	0,070	0,087	0,105	0,123	0,141	0,158	0,176	80
10	0,176	0,194	0,213	0,231	0,249	0,268	0,287	0,306	0,325	0,344	0,364	70
20	0,364	0,384	0,404	0,424	0,445	0,466	0,488	0,510	0,532	0,554	0,577	60
30	0,577	0,601	0,625	0,649	0,675	0,700	0,727	0,754	0,781	0,810	0,839	50
40	0,839	0,869	0,900	0,933	0,966	1,000	1,036	1,072	1,111	1,150	1,192	40
50	1,192	1,235	1,280	1,327	1,376	1,428	1,483	1,540	1,600	1,664	1,732	30
60	1,732	1,804	1,881	1,963	2,050	2,145	2,246	2,356	2,475	2,605	2,747	20
70	2,747	2,904	3,078	3,271	3,487	3,732	4,011	4,331	4,705	5,145	5,671	10
80	5,671	6,314	7,115	8,144	9,514	11,430	14,300	19,081	28,636	57,290	∞	0
90	∞	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Grade

Cotangentă

Tabela 1-5. Literele grecești folosite în electrotehnică

Litera		Denumirea	Litera		Denumirea
mică	mare		mică	mare	
α	A	alfa	ν	N	niu
β	B	beta	ξ	Ξ	xi
γ	Γ	gama	$\omicron$	O	omicron
δ	Δ	delta	π	Π	pi
ϵ	E	epsilon	ρ	P	ro
ζ	Z	zeta	σ	Σ	sigma
η	H	eta	τ	T	tau
θ	Θ	teta	υ	Υ	ipsilon
ι	I	iota	ϕ	Φ	phi
κ	K	kappa	χ	X	chi
λ	Λ	lambda	ψ	Ψ	psi
μ	M	miu	ω	Ω	omega

B. RELAȚII UZUALE ÎN ELECTROTEHNICĂ¹

1. Curentul continuu. Legea lui Ohm:

$$I_{[A]} = \frac{E_{[V]}}{R_{[Q]}} = \frac{E}{R_i + R_e},$$

în care: R_i este rezistența interioară a sursei;

R_e — rezistența exterioră.

Tensiunea între două puncte A și B (fig. 1-1):

$$U_{AB} = E - R_i I = R_e I.$$

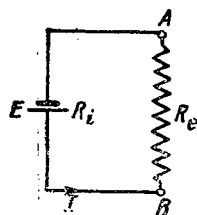


Fig. 1-1. O aplicație a legii lui Ohm.

Rezistența electrică a unui conductor:

$$R_{[Q]} = \frac{\rho \left[\frac{Qmm^2}{m} \right] \cdot l_{[m]}}{S_{[mm^2]}} = \frac{l_{[m]}}{\gamma \left[\frac{m}{Qmm^2} \right] \cdot S_{[mm^2]}}.$$

¹ Unitățile de măsură sînt indicate ca indici ale mărimilor, în paranteze drepte (v. tabela 1-2).

Rezistivitatea (ρ) la temperatura θ diferită de 20°C :

$$\rho = \rho_{20} [1 + (\theta - 20)\alpha],$$

α fiind coeficientul de temperatură sau cantitatea cu care crește valoarea unei rezistențe de 1Ω confecționată din materialul considerat, când temperatura crește cu 1°C .

Conductanța:

$$G_{[S]} = \frac{1}{R_{[\Omega]}}.$$

Cantitatea de electricitate:

$$Q_{[C]} = I_{[A]} t_{[s]}.$$

Puterea electrică:

$$P_{[W]} = U_{[V]} I_{[A]} = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 1,36 \text{ CP}; \quad 1 \text{ CP} = 0,736 \text{ kW} = 736 \text{ W}.$$

Energia electrică consumată:

$$W_{[J]} = P_{[W]} t_{[s]} = \frac{U_{[V]}^2}{R_{[\Omega]}} t_{[s]}$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

$$W_{[\text{kWh}]} = \frac{W_{[J]}}{3\,600\,000} = \frac{U_{[V]}^2 t_s}{R_{[\Omega]} 3\,600\,000}.$$

Energia și lucrul mecanic:

$$W_{[J]} = F_{[N]} l_{[m]} = 9,81 F_{[\text{kgf}]} l_{[m]}$$

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 9,81 \text{ J}; \quad 1 \text{ kWh} = 102 \text{ kgf} \cdot \text{m}.$$

Echivalentul mecanic al căldurii:

$$1 \text{ kcal} = 426,9 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 4\,187 \text{ J}; \quad 1 \text{ J} = \frac{1000 \text{ cal}}{4\,187} = 0,239 \text{ cal}.$$

Efectul termic al curentului. Legea lui Joule—Lenz:

$$Q_{[\text{cal}]} = 0,239 R_{[\Omega]} I_{[A]}^2 t_{[s]} = 0,239 W_{[J]}$$

$$1 \text{ J produce } 0,239 \text{ cal}; \quad 1 \text{ kWh produce } 860 \text{ kcal}.$$

R a n d a m e n t u l :

$$\text{— pentru energie, } \eta = \frac{\text{lucrul util produs}}{\text{energia totală consumată}} = \frac{W_u}{W_t};$$

$$\text{— pentru putere, } \eta = \frac{\text{puterea utilă dezvoltată}}{\text{puterea totală consumată}} = \frac{P_u}{P_t}.$$

Exemplul 1-1. O pompă acționată de un motor electric a debitat 20 m^3 de apă la înălțimea de 20 m , consumînd 2 kWh .

Lucrul util produs este

$$W_u = 20\,000 \times 20 = 400\,000 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 400\,000 \times 9,81 = 3\,924\,000 \text{ J}.$$

Energia consumată este

$$W_t = 2 \times 3\,600\,000 = 7\,200\,000 \text{ J}.$$

Randamentul instalației (pompa¹ plus motorul electric) este

$$\eta = \frac{3\,924\,000}{7\,200\,000} = 0,545.$$

Tensiunea la bornele unei rezistențe R parcursă de curentul I (după legea lui Ohm):

$$U = RI.$$

Tensiunea U la bornele unei surse care are f.e.m. E și rezistența interioară R_i , cînd debitează curentul I , este

$$U = E - R_i I.$$

Legarea rezistențelor. Curenți derivați. Valoarea rezistenței echivalente R :

— la rezistențe în serie: $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$;

— la rezistențe în paralel: $R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$;

— la două rezistențe în paralel:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}; \quad I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}; \quad I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2};$$

— la trei rezistențe în paralel: $R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$.

¹ Inclusiv conductele.

La un șunt cu rezistența R_s în paralel cu un aparat de rezistență R_a ; din curentul total I , prin aparat trece curentul

$$I_a = I \frac{R_s}{R_a + R_s}; \quad R_s = R_a \frac{I_a}{I - I_a}.$$

Exemplul 1-2. Un aparat cu $R_a = 0,09 \, \Omega$ și cu scala gradată pînă la $I_a = 5 \, \text{A}$ trebuie folosit pentru citiri de curent pînă la $I = 50 \, \text{A}$. Rezistența șuntului trebuie să fie:

$$R_s = R_a \frac{I_a}{I - I_a} = 0,09 \frac{5}{50 - 5} = 0,01 \, \Omega.$$

Prin șunt va trece curentul de $50 - 5 = 45 \, \text{A}$.

Legile lui Kirchhoff. Legea I. Suma curenților care vin către un nod al unei rețele este egală cu suma curenților care pleacă din acel nod (fig. 1-2):

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5.$$

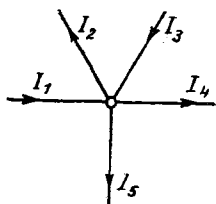


Fig. 1-2. Legea I a lui Kirchhoff.

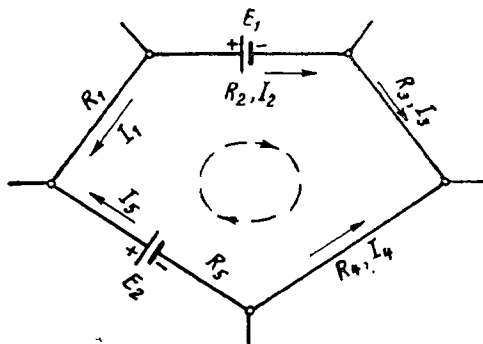


Fig. 1-3. Legea a II-a a lui Kirchhoff.

Legea a II-a. Într-o buclă a unei rețele (fig. 1-3):

$$\sum E = \sum RI;$$

$$E_2 - E_1 = -R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 - R_4 I_4 + R_5 I_5.$$

Se consideră cu semnul + curenții și f.e.m. în sensul săgeții interioare (cu linie întreruptă) de parcurgere a buclei și cu semnul —, cei în sens contrar.

Transformarea triunghi-stea. Un grup de trei rezistențe legate în triunghi pot fi înlocuite cu trei rezistențe legate în stea (fig. 1-4) avînd valorile următoare:

$$R_A = \frac{R_{AB}R_{AC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{AC}}; \quad R_B = \frac{R_{AB}R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{AC}}; \quad R_C = \frac{R_{AC}R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{AC}}.$$

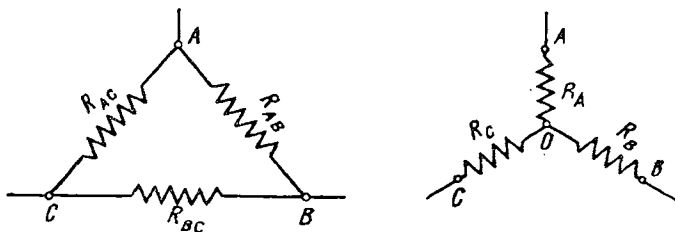


Fig. 1-4. Transformarea din triunghi în stea.

Metoda tensiunii la noduri. Tensiunea între nodurile A și B (fig. 1-5) este

$$U_{AB} = \frac{E_1g_1 + E_2g_2 + E_3g_3}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4}$$

$$g_1 = \frac{1}{R_1}; \quad g_2 = \frac{1}{R_2}; \quad g_3 = \frac{1}{R_3}; \quad g_4 = \frac{1}{R_4}.$$

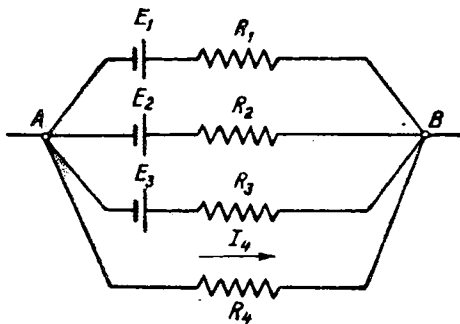


Fig. 1-5. Metoda tensiunii la noduri.

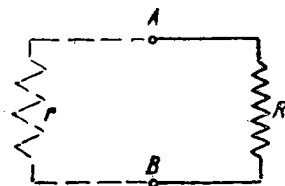


Fig. 1-6. Metoda generatorului echivalent.

Metoda generatorului echivalent (Thévenin). Dacă două puncte A și B ale unei rețele (fig. 1-6) sînt legate între ele printr-un conductor de rezistență R , acesta va fi parcurs de curentul

$$I = \frac{U_{AB}}{R + r},$$

în care: r este rezistența echivalentă a rețelei între punctele A și B ;
 U_{AB} — tensiunea între punctele A și B înainte de legarea rezistenței R .

Exemplul 1-3. Se dă circuitul din fig. 1-7 avînd indicate valorile rezistențelor și ale f.e.m. Se cere să se afle valoarea curentului prin rezistența exterioră de 5Ω .

Pentru determinarea rezistenței r se transformă grupul de rezistențe dintre punctele F , D și C din triunghi în stea:

$$r_F = \frac{2 \times 4}{2 + 4 + 2} = 1,0; \quad r_D = \frac{2 \times 2}{8} = 0,5; \quad r_C = \frac{2 \times 4}{8} = 1,0;$$

$$r = 1,0 + \frac{(1 + 3)(0,5 + 5)}{1 + 3 + 0,5 + 5} \approx 3,32 \Omega.$$

$$\text{Curentul } I_1 = \frac{12}{2 + \frac{(4 + 2)(3 + 5)}{4 + 2 + 3 + 5}} = \frac{12}{2 + 3,433} = 2,21 \text{ A}$$

Tensiunile între perechile de puncte $C-D$; $F-D$ și $G-D$:

$$U_{CD} = 12 - 2 \times 2,21 = 7,58 \text{ V}; \quad U_{FD} = 7,58 \frac{2}{4 + 2} = 2,53 \text{ V};$$

$$U_{GD} = 7,58 \times \frac{5}{3 + 5} = 4,74 \text{ V}.$$

$$U_{FG} = U_{AB} = U_{GD} - U_{FD} = 4,74 - 2,53 = 2,21 \text{ V}.$$

Curentul prin rezistența R este

$$I = \frac{U_{FG}}{r + R} = \frac{2,21}{3,32 + 5} = 0,266 \text{ A}.$$

Tensiunea între punctele A și B , după conectarea rezistenței, devine:

$$U_{FG} = U_{AB} = I_{AB} \times R = 0,266 \times 5 = 1,330 \text{ V}.$$

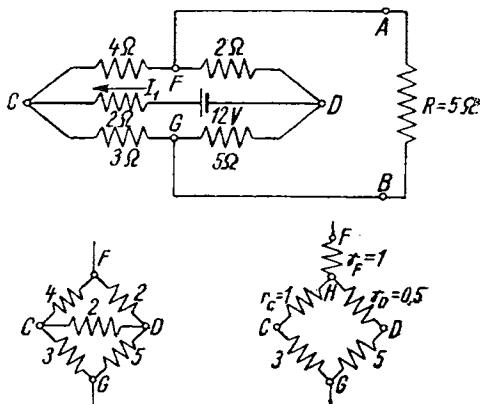


Fig. 1-7. Exemplul 1-3.

2. Electromagnetism. *Intensitatea cîmpului magnetic H , în A.sp/m, produs de un curent de intensitate I , în A:*

— la distanța r_m de la axa unui conductor drept:

$$H = \frac{I}{2\pi r};$$

— în centrul unei spire circulare de rază r_m :

$$H = \frac{I}{2r};$$

— în axa unei bobine toroidale cu raza medie a torului r și cu w spire:

$$H = \frac{wI}{2\pi r};$$

— în axul și la mijlocul unei bobine cilindrice de lungime l , cu w spire:

$$H = \frac{wI}{l}.$$

Inducția magnetică B , în Tesla (T) sau Wb/m²:

$$B = \mu_r \mu_0 H = \mu H,$$

în care: μ_0 este permeabilitatea magnetică în vid; $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ [H/m];

μ_r — permeabilitatea relativă (pentru aer și vid $\mu_r = 1$);

μ — permeabilitatea absolută.

Astfel, pentru un oțel turnat, la care inducția $B = 1,38$ Wb/m² pentru $H = 2000$ A.sp/m, rezultă:

$$\mu = \frac{B}{H} = \frac{1,38}{2000} = 0,69 \times 10^{-3} \text{ [H/m]},$$

iar

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{0,69 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-7}} = 550.$$

Valoarea inducției magnetice în funcție de intensitatea cîmpului este dată în curbele de magnetizare (fig. 1-8).

Fluxul magnetic printr-o suprafață $S_{[m^2]}$ este

$$\Phi = BS[\text{Wb}].$$

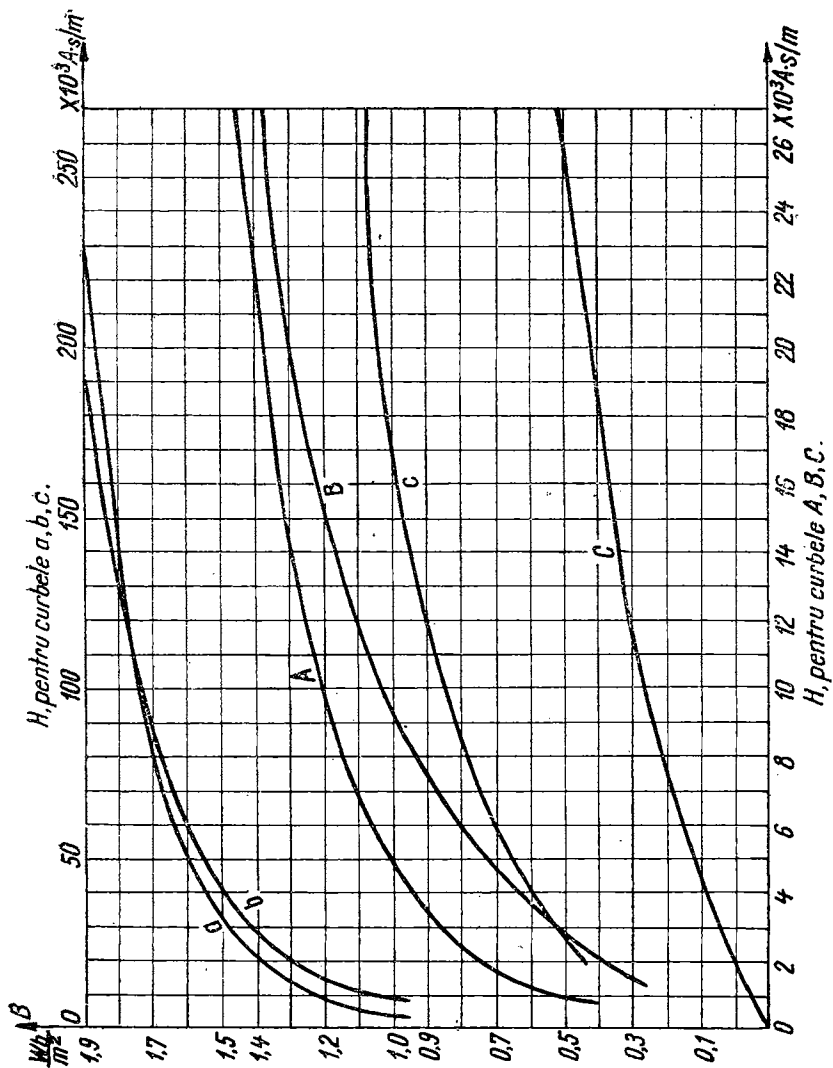


Fig. 1-8. Inducția magnetică în funcție de intensitatea cîmpului:
A și a — pentru tole de transformator; B și b — pentru oțel turnat; C și c — pentru fontă.

Legile circuitului magnetic:

$$\Sigma Hl = wI$$

$$\Phi = BS = \mu HS = \mu \frac{wIS}{l} = \frac{wI}{\frac{l}{\mu S}} = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}_m},$$

în care:

$\mathcal{F}_{[A, sp]}$ este forța magnetomotoare;

$\mathcal{R}_m$ — reluctanța circuitului magnetic.

Pentru secțiuni diferite,

$$\Phi = \frac{wI}{\frac{l_1}{\mu_1 S_1} + \frac{l_2}{\mu_2 S_2} + \frac{l_3}{\mu_3 S_3}}.$$

Pentru întrefier, inducția B_a în aer se ia egală cu cea din piesele care mărginesc întrefierul B_f :

$$B_a = B_f = H_f \mu = H_f \mu_r \mu_0 = H_a \mu_0; \quad \text{deci } H_a = H_f \mu_r = \frac{B_a}{\mu_0}.$$

Eforturi electromagnetice. Un conductor de lungime $l_{[m]}$ situat într-un câmp magnetic de inducție $B_{[Wb/m^2]}$, cînd este parcurs de un curent $I_{[A]}$ este supus unei forțe $F_{[N]}$ perpendiculară pe conductor:

$$F = BIl \sin \alpha,$$

α fiind unghiul făcut de direcția curentului cu direcția liniilor de forță.

Eforturi electrodinamice. Două conductoare paralele de lungime l situate în aer la distanța d și parcurse de curenții I_1 și I_2 se atrag dacă curenții sînt de același sens și se resping dacă aceștia sînt de sens contrar, cu o forță

$$F_{[N]} = \frac{2I_{[A]}I_{[A]}l_{[m]}}{10^7 d_{[m]}}.$$

Inducția electromagnetică:

— în cazul unei bobine, cu w spire, f.e.m. indusă este

$$e_{[V]} = -w \frac{d\Phi_{[Wb]}}{dt_{[s]}} = -\frac{d\psi_{[Wb]}}{dt_{[s]}},$$

w fiind numărul de spire, iar $\psi = w\Phi$ fluxul magnetic total;

— în cazul unui conductor drept de lungime l , care se deplasează cu viteza v într-un câmp magnetic cu inductanța B , este

$$e_{[V]} = B_{[Wb/m^2]} l_{[m]} v_{[m/s]} \sin \alpha,$$

α fiind unghiul format de liniile de forță cu suprafața generată de conductor în timpul deplasării.

Inductanța proprie a unei bobine cu w spire, în aer:

$$L_{[H]} = \frac{\psi_{[Wb]}}{I_{[A]}} = \frac{w\Phi_{[Wb]}}{I_{[A]}}.$$

Inductanța unui tor cu miez de oțel:

$$L_{[H]} = \frac{w\Phi}{I} = \frac{wwI}{l} \mu S = \frac{w^2}{l} \mu S.$$

Legarea în serie a inductanțelor:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n.$$

Legarea în paralel a inductanțelor:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}.$$

Energia cîmpului magnetic:

$$W_{magn[J]} = \frac{L_{[H]} I_{[A]}^2}{2}.$$

Forța portantă a electromagneților:

$$\text{Pe un pol: } F_{[N]} = \frac{B_{[Wb/m^2]}^2 S_{[m^2]}}{8\pi};$$

$$F_{[kg]} = 40\,000 B_{[Wb/m^2]} S_{[m^2]}.$$

Condensatoare. Capacitatea:

$$C_{[F]} = \frac{Q_{[C]}}{U_{[V]}}.$$

Capacitatea unui condensator plan cu dielectricul de grosime d :

$$C_{[F]} = \frac{\epsilon' S_{[m^2]}}{d_{[m]}},$$

în care: $\epsilon' = \epsilon_r \epsilon_0 = \epsilon_r \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}$ este permitivitatea absolută (constantă dielectrică absolută), egală cu cea relativă (ϵ_r) înmulțită cu a vidului (ϵ_0).

S este suprafața totală activă a unei armături a condensatorului;

d — distanța între cele două armături.

Legarea condensatoarelor:

— în serie, $C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$;

— în paralel, $C = C_1 + C_2 + C_3$.

Energia acumulată în câmpul electric al unui condensator:

$$W_e = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}.$$

3. Curentul alternativ

a. *Curentul alternativ monofazat.*

— Perioada $T_{[s]} = \frac{1}{f_{[Hz]}}$; pulsația $\omega_{[rad/s]} = 2\pi f_{[Hz]}$.

— Valori instantanee:

$$e = E_{max} \sin \omega t; i = I_{max} \sin (\omega t \pm \varphi).$$

— Valori eficace la variația sinusoidală:

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2 dt} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = 0,707 E_{max}; I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0,707 I_{max}.$$

— Valoarea medie pentru o alternanță (semiperioadă):

$$E_{med} = \frac{1}{\frac{T}{2}} \int_0^{\frac{T}{2}} e dt = 0,637 E_{max}.$$

Impedanța unui circuit cu R , L și C în serie:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

În forma complexă (fig. 1-9):

$$\bar{Z} = R + j\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right) = R + j(X_L - X_C),$$

în care: $X_L = \omega L$ este reactanța inductivă (inductanța);

$X_C = \frac{1}{\omega C}$ — reactanța capacitivă (capacitanța).

Tensiunea și intensitatea, în formă complexă, au valorile:

$$\bar{U} = U(a \pm jb) = U(\cos \varphi + j \sin \varphi); \quad \bar{I} = I(c \pm jd).$$

Intensitatea curentului într-un circuit:

$$\begin{aligned} I &= \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} = \\ &= \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}; \\ I &= \frac{U(a \pm jb)}{R + jX_L - jX_C}. \end{aligned}$$

— Decalajul φ între tensiune și curent:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)}{R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}; \quad \sin \varphi = \frac{X_L - X_C}{Z}.$$

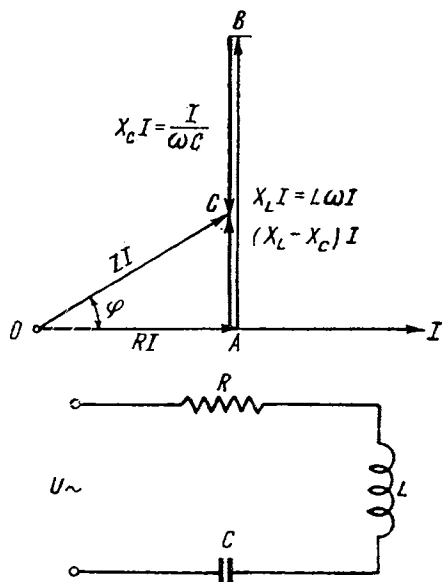


Fig. 1-9. Circuit cu rezistență, reactanță inductivă și reactanță capacitivă în serie.

— La circuite numai cu rezistență și inductanță sau numai cu rezistență și capacitanță:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R}$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{X_C}{R}.$$

— Circuit cu rezistență, inductanță și capacitanță în paralel:

$$I = U \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{L\omega} - C\omega\right)^2}; \quad \operatorname{tg} \varphi = R \left(\frac{1}{L\omega} - C\omega\right).$$

Curenții derivați (fig. 1-10):

$$I_R = \frac{U}{R}; \quad I_L = \frac{U}{\omega L}; \quad I_C = U\omega C$$

$$\vec{I} = I_R - jI_L + jI_C.$$

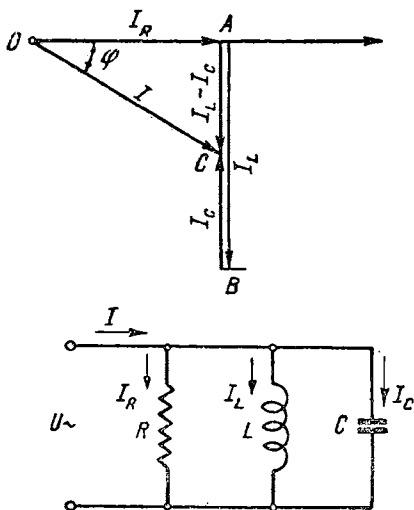


Fig. 1-10. Circuit cu rezistență, reacțanță inductivă și reacțanță capacitivă în paralel.

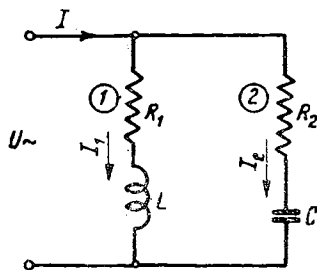


Fig. 1-11. Două circuite în paralel.

Puterea electrică:

— puterea aparentă: $S = UI$;

— puterea activă: $P = RI^2 = UI \cos \varphi = UI_a$;

— puterea reactivă: $Q = UI \sin \varphi = UI_r$.

Două circuite cu R, L și R, C în paralel (fig. 1-11).

Impedanțele ramurilor 1 și 2 sînt:

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} \quad \text{și} \quad Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}.$$

Se notează cu I_a și I_r componentele activă și reactivă ale curentului:

$$I_a = I \cos \varphi = \frac{U}{Z} \cdot \frac{R}{Z} = U \frac{R}{Z^2} = Ug,$$

g fiind conductanța $\left(g = \frac{R}{Z^2} \right)$;

$$I_r = I \sin \varphi = \frac{U}{Z} \cdot \frac{X}{Z} = U \frac{X}{Z^2} = Ub_1,$$

$b = \frac{X}{Z^2}$ fiind susceptanța.

Pentru ramura 1:

$$I_1 = \sqrt{I_{a1}^2 + I_{r1}^2} = U \sqrt{g_1^2 + b_1^2} = Uy_1$$

$$y_1 = \sqrt{g_1^2 + b_1^2} = \frac{1}{Z} \text{ fiind admitanța; } \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{b_1}{g_1}.$$

În forma complexă, $I_1 = I_{a1} + jI_{r1} = Ug + jUb$.

Pentru ramura 2:

$$I_2 = U \sqrt{g_2^2 + b_2^2}; \quad g_2 = \frac{R_2}{Z_2^2}; \quad b_2 = \frac{X_2}{Z_2^2}; \quad \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{b_2}{g_2};$$

$$I = \sqrt{(I_{a1} + I_{a2})^2 + (I_{r1} + I_{r2})^2}$$

$$I = \sqrt{U^2 (g_1 + g_2)^2 + U^2 (b_1 + b_2)^2} = U \sqrt{g^2 + b^2} = Uy = \frac{U}{Z}$$

$$P = UI \cos \varphi = UI \frac{g}{y} = UIgZ = U^2g$$

$$Q = U^2b; \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2} = U^2 \sqrt{g^2 + b^2} = U^2y.$$

Exemplul 1-4. Se consideră un circuit cu următoarele valori:

$$R_1 = \underline{L}\Omega; \quad X_1 = L\omega = 5\Omega;$$

$$R_2 = 3\Omega; \quad X_2 = -\frac{1}{\omega C} = -4\Omega \text{ și } U = 220 \text{ V.}$$

$$Z_1 = \sqrt{2^2 + 5^2} = \sqrt{29} \approx 5,4; \quad Z_2 = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5$$

$$g_1 = \frac{R_1}{Z_1^2} = \frac{2}{29} = 0,0667; \quad b_1 = \frac{5}{29} = 0,1725$$

$$g_2 = \frac{3}{25} = 0,12; \quad b_2 = -\frac{4}{25} = -0,16$$

$$g = g_1 + g_2 = 0,1867; \quad b = b_1 + b_2 = 0,1725 - 0,16 = 0,0125$$

$$y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{0,1867^2 + 0,0125^2} \approx 0,187$$

$$I = Uy = 220 \times 0,187 \approx 41,15 \text{ A}$$

$$I_a = Ug = 220 \times 0,1867 = 41,1$$

$$I_r = Ub = 220 \times 0,0125 = 2,75$$

$$I = 41,1 - j \, 2,75$$

$$I_{a_1} = Ug_1 = 220 \times 0,0667 = 14,64 \text{ A}$$

$$I_{r_1} = Ub_1 = 220 \times 0,1725 = 37,95 \text{ A}$$

$$I_1 = \sqrt{I_{a_1}^2 + I_{r_1}^2} = \sqrt{14,64^2 + 37,95^2} = 40,65 \text{ A}$$

$$I_{a_2} = Ug_2 = 220 \times 0,12 = 26,4 \text{ A}$$

$$I_{r_2} = Ub_2 = 220 \times (-0,16) = -35,2 \text{ A}$$

$$I_2 = \sqrt{26,4^2 + 35,2^2} = 44,1 \text{ A}$$

I este mai mic decât I sau I_2 , întrucît curenții reactivi sînt de semn contrar (unul inductiv și altul capacitiv).

$$P = U^2 g = 220^2 \times 0,1867 \approx 9030 \text{ W}$$

$$Q = U^2 b = 220^2 \times 0,0125 \approx 605 \text{ var}$$

$$S = U^2 y = 220^2 \times 0,187 \approx 9040 \text{ VA.}$$

Operatori pentru vectori:

— operatorul $j = \sqrt{-1}$ rotește vectorul cu 90° în sensul direct (pozitiv) trigonometric (sensul invers de rotire a acelor unui ceasornic);

— operatorul $-j = -\sqrt{-1}$ rotește vectorul cu 90° în sensul indirect (negativ) trigonometric (în sensul rotirii acelor unui ceasornic);

— operatorul $a = \cos \frac{2\pi}{3} + j \sin \frac{2\pi}{3} = -0,5 + j 0,866$ rotește vectorul cu 120° în sensul direct (pozitiv) sau cu 240° în sensul indirect (negativ);

— operatorul $a^2 = \cos \frac{4\pi}{3} + j \sin \frac{4\pi}{3} = -0,5 - j 0,866$ rotește vectorul cu 240° în sensul direct sau cu 120° în sensul indirect.

Suma $a + a^2 + 1 = -0,5 + j 0,866 + (-0,5 - j 0,866) + 1 = 0$.

b. *Curentul alternativ trifazat*. F.e.m. trifazate instantanee (fig. 1-12):

$$e_1 = E_m \sin \omega t; e_2 = E_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right);$$

$$e_3 = E_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right);$$

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0; \text{ suma vectorilor } \bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3 = 0.$$

În forma complexă:

$$\bar{E}_1 = \bar{E}; \bar{E}_2 = a^2 \bar{E}_1 = (-0,5 - j 0,866) \bar{E}_1; \bar{E}_3 = a \bar{E}_1 = (-0,5 + j 0,866) \bar{E}_1.$$

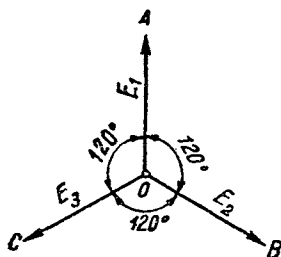


Fig. 1-12. F.e.m. trifazate.

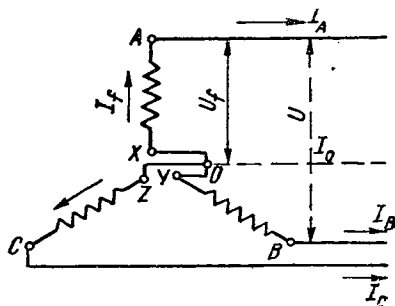


Fig. 1-13. Montaj în stea la sursă.

Montajul în stea la sursă (generator sau transformator). Tensiunea U între două conductoare de linie (fig. 1-13).

$$U = \sqrt{3} U_f,$$

U_f fiind tensiunea unei faze.

Curentul în conductorul de linie este egal cu cel de pe faza respectivă

$$I_A = I_f.$$

Curentul în conductorul neutru este:

$$\bar{I}_0 = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C.$$

$I_0 = 0$, când I_A , I_B și I_C sînt egali și simetrici (decalați între ei la 120°).

Montajul în triunghi la sursă (fig. 1-14):

$$U = U_f; \quad I = \sqrt{3} I_f.$$

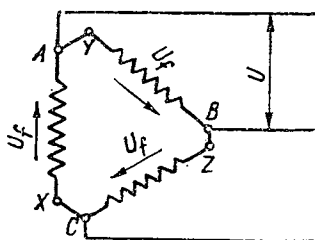


Fig. 1-14. Montaj în triunghi la sursă.

Receptoare trifazate în stea. Dacă la o rețea trifazată cu tensiunile de fază U_a , U_b , U_c egale și decalate între ele cu $\frac{2\pi}{3}$

este legat în stea un receptor constituit din impedanțe egale ($Z_a = Z_b = Z_c = Z = R + jX$), curentul de linie, egal cu cel de fază, are valoarea

$$I_a = I_b = I_c = I = \frac{U_f}{Z} = \frac{U}{\sqrt{3}Z}, \quad \text{iar } \cos \varphi = \frac{R}{Z}.$$

Receptoare în stea la distribuția cu patru conductoare (în stea cu conductor neutru). Se notează cu Z_A , Z_B , Z_C (fig. 1-15) impedanțele totale pe faze (ale conductoarelor de linie și ale fazelor receptorului):

$$Z_A = Z_{AA'} + Z_{A'O'}; \quad Z_B = Z_{BB'} + Z_{B'O'}; \quad Z_C = Z_{CC'} + Z_{C'O'}.$$

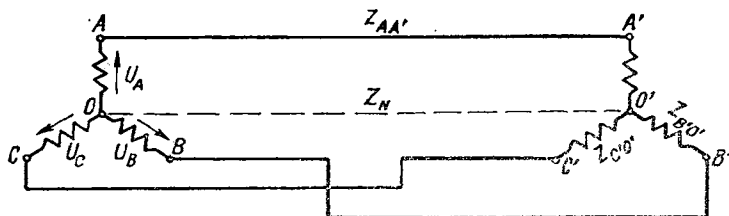


Fig. 1-15. Distribuție trifazată cu patru conductoare.

Deplasarea potențialului punctului neutru la receptor față de sursă (fig. 1-16).

$$U_{OO'} = U_N = \frac{U_A Y_A + U_B Y_B + U_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N},$$

în care: U_A, U_B, U_C sînt tensiunile pe faze la sursă;

Y_A, Y_B, Y_C, Y_N — admitanțele pe fază ale receptorului inclusiv conductoarele de linie; $Y_A = \frac{1}{Z_A}$; $Y_B = \frac{1}{Z_B}$; $Y_C = \frac{1}{Z_C}$; $Y_N = \frac{1}{Z_N}$, Z_n fiind impedanța conductorului neutru.

Dacă $Z_N \approx 0$, $Y_N = \infty$. Dacă $Z_N = \infty$ (conductorul neutru este întrerupt), $Y_N = 0$.

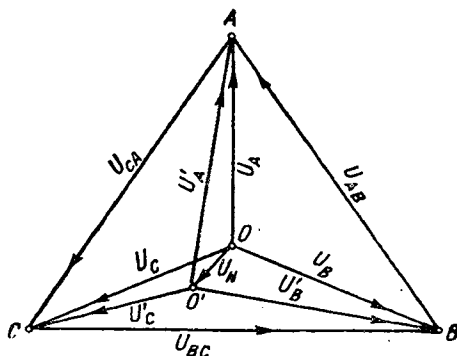


Fig. 1-16. Diagrama topografică pentru deplasarea punctului neutru.

Tensiunile la bornele A, B, C (pentru receptor plus conductoarele de linie) sau la bornele A', B', C' , dacă se neglijează impedanțele conductoarelor de linie, sînt:

$$\bar{U}'_A = \bar{U}_A - \bar{U}_N; \quad \bar{U}'_B = \bar{U}_B - \bar{U}_N; \quad \bar{U}'_C = \bar{U}_C - \bar{U}_N.$$

Curenții în receptor și în linie sînt:

$$\bar{I}_A = \bar{U}'_A \bar{Y}_A; \quad \bar{I}_B = \bar{U}'_B \bar{Y}_B; \quad \bar{I}_C = \bar{U}'_C \bar{Y}_C; \quad \bar{I}_N = \bar{U}_N \bar{Y}_N.$$

Exemplul 1-5. Un receptor bobinat în stea cu impedențele formate numai din rezistențe avînd valorile $Z_A=40\ \Omega$, $Z_B=10\ \Omega$, $Z_C=20\ \Omega$ și $Z_N=\infty$ (firul neutru întrerupt) este legat la o sursă de curent cu tensiunea pe fază de 120 V.

$$E_A=120\text{ V}; E_B=120\text{ a}^2=120(-0,5-j\,0,866)=(-60-j\,104)\text{ V};$$

$$E_C=120\text{ a}=120(-0,5+j\,0,866)=(-60+j\,104)\text{ V}.$$

$$\text{Admitanțele: } Y_A=\frac{1}{40}; Y_B=0,1; Y_C=0,05; Y_N=\frac{1}{\infty}=0.$$

$$U_N=\frac{120\times 0,025+(-60-j\,104)0,1+(-60+j\,104)0,05}{0,025+0,1+0,05}=-34,3-j\,29,6.$$

$$\bar{U}'_A=\bar{E}_A-\bar{U}_N=120+34,3+j\,29,6=(154,3+j\,29,6)\text{ V}.$$

Valorile eficace ale tensiunilor:

$$U'_A=\sqrt{154,3^2+29,6^2}=160\text{ V};$$

$$\bar{U}'_B=\bar{E}_B-\bar{U}_N=-60-j\,104+34,3+j\,29,6=(-25,7-j\,74,4)\text{ V};$$

$$\bar{U}'_C=\bar{E}_C-\bar{U}_N=-60+j\,104+34,3+j\,29,6=(-25,7+j\,133,6)\text{ V};$$

$$\bar{I}_A=\bar{U}'_A\bar{Y}_A=(154,3+j\,29,6)0,025=(3,87+j\,0,74)\text{ A}.$$

Valorile eficace ale curenților:

$$\bar{I}_A=\bar{U}'_A\bar{Y}_A=\sqrt{3,87^2+0,74^2}=\sqrt{14,9+0,547}=3,93\text{ A};$$

$$\bar{I}_B=\bar{U}'_B\bar{Y}_B=(-25,7-j\,74,4)0,1=(-2,57-j\,7,44)\text{ A};$$

$$\bar{I}_C=\bar{U}'_C\bar{Y}_C=(-25,7+j\,133,6)0,05=(-1,285+j\,3,72)\text{ A}.$$

Puterea electrică în curent trifazat. Cazul receptoarelor în stea:

- puterea activă: $P=\bar{U}_A\bar{I}_A\cos\varphi_A+\bar{U}_B\bar{I}_B\cos\varphi_B+\bar{U}_C\bar{I}_C\cos\varphi_C$,
 $U_A, U_B, U_C, I_A, I_B, I_C$ fiind tensiunile și curenții prin cele trei faze;
- puterea reactivă: $Q=U_AI_A\sin\varphi_A+U_BI_B\sin\varphi_B+U_CI_C\sin\varphi_C$;
- puterea aparentă: $S=U_AI_A+U_BI_B+U_CI_C$.

La încărcarea uniformă a fazelor:

$$P=\sqrt{3}UI\cos\varphi; Q=\sqrt{3}UI\sin\varphi; S=\sqrt{3}UI.$$

Cazul receptoarelor în triunghi (fig. 1-17):

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_{AB}}; \quad I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_{BC}}; \quad I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_{CA}};$$

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}; \quad I_B = I_{BC} - I_{AB}; \quad I_C = I_{CA} - I_{BC};$$

$$I_A + I_B + I_C = 0.$$

Puterea electrică, pe faze:

$$\overline{U}_{AB} \overline{I}_{AB} = P_{AB} + jQ_{AB}; \quad \overline{U}_{BC} \overline{I}_{BC} = P_{BC} + jQ_{BC}; \quad \overline{U}_{CA} \overline{I}_{CA} = P_{CA} + jQ_{CA}.$$

Exemplul 1-6. Trei impedanțe legate în triunghi la tensiunea trifazată de 220 V au valorile

$$\overline{Z}_{AB} = (12 + j16) \Omega; \quad Z_{AB} = \sqrt{12^2 + 16^2} = 20 \Omega;$$

$$\overline{Z}_{BC} = 12 \Omega; \quad \overline{Z}_{CA} = (8 + j6) \Omega;$$

$$Z_{CA} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \Omega;$$

$$\overline{U}_{AB} = 220 \text{ V};$$

$$\begin{aligned} \overline{U}_{BC} &= 220 a^2 = 220 (-0,5 - j0,866) = \\ &= (-110 - j190) \text{ V}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{U}_{CA} &= 220 a = 220 (-0,5 + j0,866) = \\ &= (-110 + j190) \text{ V}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{AB} &= \frac{U_{AB}}{Z_{AB}} = \frac{220}{12 + j16} = \\ &= \frac{220 (12 - j16)}{(12 + j16)(12 - j16)} = (6,6 - j8,8) \text{ A}. \end{aligned}$$

Valorile eficace:

$$I_{AB} = \sqrt{6,6^2 + 8,8^2} = 11 \text{ A}$$

$$\overline{I}_{BC} = \frac{-110 + j190}{12} = (-9,2 + j15,8) \text{ A};$$

$$I_{BC} = \sqrt{9,2^2 + 15,8^2} \approx 18,3 \text{ A};$$

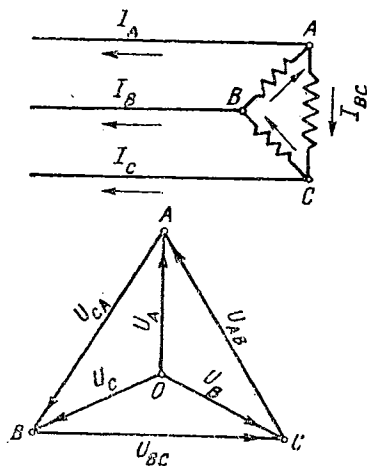


Fig. 1-17. Receptor în triunghi.

$$\vec{I}_{CA} = \frac{-110 + j 190}{8 + j 6} = (2,6 + j 21,8) \text{ A};$$

$$I_{CA} = \sqrt{2,6^2 + 21,8^2} = 22 \text{ A};$$

$$\vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA} = (6,6 - j 8,8) - (2,6 + j 21,8) = (4 - j 30,6) \text{ A};$$

$$I_A = \sqrt{4^2 + 30,6^2} = 30,8$$

$$\vec{I}_B = \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB} = -9,2 - j 15,8 - (6,6 - j 8,8) = (-15,8 - j 7) \text{ A};$$

$$I_B = \sqrt{15,8^2 + 7^2} = \sqrt{249 + 49} = 17,25 \text{ A}$$

$$\vec{I}_C = \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{CB} = 2,6 + j 21,8 - (-9,2 - j 15,8) = (11,8 + j 37,6) \text{ A};$$

$$I_C = \sqrt{11,8^2 + 37,6^2} = 39,60 \text{ A}.$$

Verificare:

$$\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 4 - j 30,6 - 15,8 - j 7 + 11,8 + j 37,6 = 0.$$

C. CLASIFICAREA CONSTRUCȚIILOR, ÎNCĂPERILOR ȘI A LOCURILOR DE MUNCĂ

Pentru clasificare se folosesc diferite criterii și, după caz, unul dintre acestea are întâietate.

După gradul de pericol de incendiu sau explozie, în N.P.C.I.¹⁾ —1964 sînt stabilite următoarele categorii de încăperi:

— categoria A — încăperi și secții în care se utilizează, prelucrează, manipulează sau depozitează: substanțe a căror aprindere sau explozie poate să aibă loc în urma acțiunii apei sau a oxigenului din aer; lichide cu temperatura de inflamabilitate a vaporilor pînă la 28°C, gaze și vapori care au o limită inferioară de explozie pînă la 10%, atunci cînd aceste lichide și gaze sînt în cantități care pot forma cu aerul amestecuri explozive;

— categoria B — încăperi și secții în care se utilizează, prelucrează și manipulează sau depozitează lichide cu o temperatură de

¹ Normativul pentru proiectarea și executarea construcțiilor din punct de vedere al prevenirii incendiilor.

inflamabilitate a vaporilor cuprinsă între 28 și 120°C, gaze sau vapori care au limita inferioară de explozie mai mare decât 10%, atunci cînd aceste lichide și gaze sînt în cantități care pot forma cu aerul amestecuri explozive; încăperi și secții în care se degajă, în stare de suspensie, fibre, pulberi combustibile și praf în cantități care pot forma cu aerul amestecuri explozive;

— categoria C — încăperi și secții în care se utilizează, prelucreează, manipulează și depozitează: substanțe și materiale combustibile solide sau lichide cu temperatura de inflamabilitate a vaporilor peste 120°C;

— categoria D — încăperi și secții în care are loc: prelucrarea, manipularea și depozitarea substanțelor și materialelor incombustibile în stare fierbinte, topită sau incandescentă însoțită de degajare de căldură radiantă sau degajări de flăcări și scînteii; arderea în calitate de combustibil a substanțelor solide, lichide și gazoase.

După gradul de rezistență la foc, în N.P.C.I.-64 sînt stabilite de asemenea diferite categorii de clădiri.

După numărul de persoane care poate să lucreze sau să apară la un moment dat într-o încăpere, în N.P.C.I.-64 sînt stabilite următoarele categorii:

a) încăperi cu aglomerări de persoane în care se pot afla simultan cel puțin 50 de persoane, fiecareia revenindu-i o suprafață de pardoseală de maximum 4 m²;

b) săli aglomerate, reprezentate prin următoarele încăperi sau grupuri de încăperi cu comunicație directă:

— sălile de teatru, indiferent de capacitate;

— alte săli de spectacole, săli de întruniri, grupuri de încăperi pentru expoziții cu exponate combustibile, cluburi și cămine sindicale, care nu sînt amplasate la parter; la toate acestea dacă pot să apară simultan cel puțin 150 de persoane;

— idem, în cazul că sînt la parter, sau săli și grupuri de încăperi cu alte destinații, dacă la toate acestea poate să apară simultan 200 de persoane.

După caracteristicile mediului ambiant, prin normativul C.S.C.A.S. I.7-62, în curs de revizuire, s-a stabilit următoarele categorii de încăperi:

— categoria U0 — încăperi uscate, în care nu se produce niciodată ceață sau condensatie pe pereți, cum sînt: încăperile de locuit, birourile, sălile de clase și de spectacole, spațiile industriale cu procese tehnologice uscate etc.;

— categoria U1 — încăperi umede cu intermitență, în care umiditatea relativă a aerului nu depășește timp îndelungat 75%; ceața sau condensatiile pe pereți pot să apară în perioade scurte de timp, dar dispar repede printr-o aerisire normală: astfel sînt dependențele locuințelor (bucătăriile, pivnițele bine aerisite, WC-urile), călcătoriile, uscătoriile etc. și de asemenea și spațiile exterioare acoperite, la care nu ajung însă stropii de ploaie (șoproane, terase acoperite etc.);

— categoria U2 — încăperi umede, în care umiditatea relativă atinge în mod obișnuit valori cuprinse între 75 și 97%, încît ceața și condensatiile pe pereți apar în mod frecvent; din această categorie fac parte camerele de băi din locuințe, spălătoriile din locuințe, bucătăriile publice, stațiile de pompare și încăperile industriale cu procese umede;

— categoria U3 — încăperi ude, în care umiditatea relativă a aerului depășește în mod obișnuit 97%; ceața se produce în mod permanent, încît condensatiile apar în mod frecvent sub formă de picături și pereții sînt impregnați de umiditate; în această categorie intră și încăperile la care pardoselile și pereții se stropesc repetat cu apă, precum și spațiile exterioare neacoperite; din această categorie fac parte spălătoriile publice sau industriale, camerele frigorifice, băile și WC-urile publice, camerele de dușuri, încăperile pentru spălutul vehiculelor, încăperile industriale cu procese ude etc.;

— categoria P — încăperi cu degajări de praf incombustibil, în care depunerile de praf pot să afecteze funcționarea instalațiilor electrice; din această categorie fac parte spațiile de producție și de depozitare din fabricile de ciment, de produse ceramice brute, de ipsos, spațiile de producție din industria siderurgică, turnătoriile etc.;

— categoria V — încăperi cu degajări de vapori sau gaze corosive; din această categorie fac parte majoritatea încăperilor de producție și de depozitare din industria chimică, spațiile de producție industriale în care se lucrează cu reactivi chimici, laboratoarele, încăperile cu instalații de galvanizare, încăperile pentru baterii de

acumulatoare și cele pentru fermentații, WC-urile publice, grajdurile etc.;

— categoria T — încăperi cu temperaturi ridicate, în care temperatura aerului depășește frecvent $+40^{\circ}\text{C}$ sau se menține permanent peste $+35^{\circ}\text{C}$; astfel sînt unele spații de producție din industria siderurgică și metalurgică, forjeriile, turnătoriile, sălile de cazane, tunelurile pentru conducte termice, spațiile adiacente coșurilor de fum, uscătoriile etc.

După pericolul de electrocutare s-a stabilit un grup de încăperi și locuri de muncă — categoria CE, care cuprinde încăperile foarte bune conducătoare de electricitate; la acestea, pereții, pardoseala precum și obiectele care le mobilează sînt executate din materiale bune conducătoare sau sînt impregnate sau acoperite cu substanțe bune conducătoare de electricitate.

După gradul de pericol pe care-l prezintă aceste încăperi se clasifică astfel:

— cu grad mic de pericol, avînd pardoseala izolantă și uscată, lipsa, în apropiere, a corpurilor metalice în legătură cu pămîntul, mediul uscat, ventilat și încălzit la temperatură normală (sub 25°C) și lipsa degajărilor sau a depunerilor de substanțe conducătoare (praf, vapori, gaze, lichide); astfel de încăperi sînt cele din categoriile U0 și U1;

— încăperi periculoase, care îndeplinesc una dintre următoarele condiții: masele metalice în legătură cu pămîntul ocupă pînă la 60% din suprafața zonei de manipulare; în încăpere se găsesc vapori, gaze sau lichide care scad rezistența electrică a corpului omenesc; umiditatea relativă este cuprinsă între 75 și 97%, există degajări sau depuneri de praf bun conducător de electricitate, temperatura mediului ambiant este mai mare decît $+25^{\circ}\text{C}$ dar nu depășește $+35^{\circ}\text{C}$; de asemenea se mai consideră periculoase locurile de muncă strîmte, existînd posibilitatea atingerii unor corpuri metalice în legătură cu pămîntul; din această categorie fac parte încăperile arătate la categoriile U2 și P (cu praf bun conducător de electricitate);

— foarte periculoase, care au una dintre următoarele caracteristici: masele metalice în legătură cu pămîntul ocupă peste 60% din suprafața zonei de manipulare, temperatura depășește $+35^{\circ}\text{C}$,

umiditatea relativă depășește 97 %, mediul corosiv; din această categorie fac parte încăperile din categoriile U3, V și T;

— extrem de periculoase (categoria EE), adică acele încăperi speciale pentru echipamente electrice, în care pericolul de electrocutare este în general deosebit de mare, datorită prezenței instalațiilor, aparaturii electrice etc. și din această cauză nu sînt accesibile decît persoanelor calificate, anume destinate; din această categorie fac parte încăperile destinate tablourilor de distribuție, bateriilor de condensatoare sau de acumulatori, posturile de transformare, stațiile de conexiune, sălile de mașini electrice, laboratoarelor de încercări electrice etc.

PARTEA ÎNTÎI

MATERIALE, APARATE ȘI MAȘINI

II. MATERIALE FOLOSITE ÎN INSTALAȚII ELECTRICE

A. TUBURI IZOLANTE ȘI DE PROTECȚIE

1. **Tuburi cu manta din PVC.** Se obțin prin extrudare din gră-nule de policlorură de vinil dur.

Caracteristicile și indicațiile de folosire generale sînt următoarele:

- rezistă la acțiunea corozivă a materialelor utilizate în construcții (var, ciment, ipsos, clorură de var etc.);

- tensiunea de străpungere este de 12 kV/mm;

- ard numai la flacără întreținută; nu continuă arderea mai mult decît 15 s după îndepărtarea flăcării;

- se pot îndoi numai la cald; încălzite pînă la circa 100°C suportă îndoiri la 90°C cu raza minimă de trei ori diametrul exterior;

- absorbția de apă este de maximum 0,4%;

- condițiile de temperatură: la manipulare, între 5 și 40°C, iar în exploatare între -25 și +40°C;

- din punct de vedere mecanic sînt inferioare tuburilor metalice; de aceea pe porțiunile de trasee expuse loviturilor se evită folosirea lor, sau, dacă aceasta nu este posibil, se prevede o măsură de protecție mecanică corespunzătoare (acoperire cu mortar de ciment, protejare prin teci sau țevi metalice etc.);

- se pot monta îngropat sau aparent, dar numai pe suporturi incombustibile; în cazul construcțiilor cu o slabă rezistență la foc (lemn, stufit, paianță etc.) se admite numai montajul aparent pe un strat de tencuială cu grosimea de cel puțin 2 cm (mortar de var, ciment sau ipsos);

- nu se pot utiliza la instalații care necesită o siguranță mărită în funcționare, cum sînt: instalațiile pentru alimentarea și comanda

pompelor de incendiu, cele de iluminat de siguranță (prin excepție se admit la circuitele de iluminat de siguranță din clădirile de locuit) și cele pentru semnalizarea incendiilor.

Tipurile cu caracteristicile respective ale tuburilor cu manta din PVC sînt date în tabela 2-1.

Tabela 2-1. Caracteristicile constructive ale tuburilor cu manta din PVC

Tipul tubului	Diametrul, mm		Greutatea kg/km	Diametrul nominal al tubului metalic pe care-l înlocuiește mm	Observații
	interior nominal	exterior			
PVC-IP (STAS 6990-64)	11	13	55	11	Înlocuiește tubul metalic IP în medii uscate sau umede, cu intermitență în încăperi cu pericol de incendiu (categoriile D și E) și în cele fără de- gajări de praf combus- tibil (categoria C)
	14	16	66	13,5	
	16	18	75	16	
	21,8	25	165	23	
	28,4	32	240	29	
	35,4	39	295	36	
PVC-IPE (N.I. M.I.P.C.- 1266-60)	14	16	76	13,5	Înlocuiește tubul metalic IPE în aceleași condiții ca mai sus: în execuție etanșă se poate utiliza în încăperi umede sau cu medii corosive
	16,8	20	145	16	
	21,8	25	185	21	
	28,8	32	263	29	
	36,4	40	333	36	
	46	50	463	42	

2. Tuburi cu manta din bandă de oțel. Față de tuburile cu manta din PVC au avantajul unor caracteristici mecanice superioare și al folosirii fără impunerea condițiilor de temperatură. Totuși pe linia reducerii consumului de laminate din oțel, utilizarea tuburilor metalice se limitează numai la cazurile în care nu este posibilă folosirea tuburilor cu manta din PVC.

a. *Tuburi cu manta rigidă.* În tabelele 2-2, 2-3 și 2-4 sînt prezentate tipurile, caracteristicile și indicațiile de utilizare ale tuburilor cu manta rigidă. În aceeași categorie se încadrează și produsele Uzinei Metalurgice Iași, tuburile PEL (protejate, etanșe, lăcuite).

Tabela 2-2. Caracteristicile și indicațiile de utilizare ale tuburilor cu manta rigidă din bandă de oțel

Tipul tubului	Caracteristici	Indicații de utilizare
P	<i>Tub de protecție</i>, din bandă de oțel îmbinată prin suprapunere, fără falț sau sudură. Nu este izolanț, nu este etanș; asigură protecție mecanică. La exterior și în interior este protejat cu un strat de lac anticorrosiv. Îmbinarea între tuburi se face cu manșoane libere <i>Exemplu de notare pentru diametrul de 14 mm:</i> Tub P 14 STAS 547-49	În medii normale, uscate, fără praf, fără agenți corosivi (încăperi de categoria C fără praf combustibil, D și E) Montajul numai aparent (pentru instalații telefonice se admite și montajul îngropat)
IP	<i>Tub izolanț ușor protejat</i>, cu căptușeală interioară izolanță din carton impregnat cu bitum și cu înveliș din bandă de oțel plumbuită încheiată prin fâltuire. Nu este etanș, nu asigură protecția mecanică. Îmbinarea între tuburi se face cu manșoane libere <i>Exemplu de notare pentru diametrul de 23 mm:</i> Tub IP 23 STAS 546-49	În medii normale uscate sau umede cu intermitență (încăperi de categoria C fără praf combustibil, D și E). Montaj îngropat sau aparent (cînd traseul nu este expus loviturilor); în încăperile de cat. C (v. mai sus) numai în montaj îngropat. Pe traseele orizontale expuse loviturilor se protejează cu mortar de ciment
IPE	<i>Tub izolanț de protecție, etanș</i>, cu căptușeală interioară izolanță din carton impregnat cu bitum și cu înveliș din bandă de oțel îmbinată prin sudură. La exterior învelișul metalic este protejat cu un strat de lac anticorrosiv. Asigură protecție mecanică și etanșitate. Îmbinarea între tuburi se face cu manșoane filetate (filat special STAS 549-49) <i>Exemplu de notare pentru diametrul de 36 mm:</i> Tub IPE 36 STAS 548-49	În medii uscate cu praf, permanent umede, în toate cazurile în care se cere o instalație etanșă cu protecție mecanică (în încăperi de categoria A, B, C, D și E); montajul aparent sau îngropat

Tabela 2-2 (continuare)

Tipul tubului	Caracteristici	Indicații de utilizare
PEL-A (filetat) și PEL-B (nefiletat) (produse ale Uzinei Metalurgice-Iași)	<i>Tub protejat, etanș, lăcuit</i> , din bandă de oțel îmbinată prin sudură; nu are căptușeală izolantă. Asigură protecție mecanică și etanșitate (2,5 at). Îmbinarea între tuburi se face cu mufe filetate sau nefiletate (lipite). Punctul de fluiditate al lacului de acoperire este de 50—60°C	În aceleași cazuri ca și pentru tuburile IPE Îmbinările lipite au același grad de etanșitate și se pot folosi și în încăperi de categoriile A, B și C

Tabela 2-3. Caracteristicile constructive ale tuburilor cu manta rigidă din bandă de oțel

Tub P STAS 547-49			Tub IP STAS 546-49			Tub IPE STAS 548-49		
Diametrul mm		Numărul de bucăți în legătură	Diametrul, mm		Numărul de bucăți în legătură	Diametrul, mm		Numărul de bucăți în legătură
interior	exterior		interior	exterior		interior	exterior	
—	—	—	9	13,0	33	—	—	—
—	—	—	11	15,8	33	11	18,6	20
—	—	—	13,5	18,7	33	13,5	20,4	15
14	15,8	40	—	—	—	—	—	—
—	—	—	16	21,2	33	16	22,5	15
18	20,1	20	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	21	28,3	15
—	—	—	23	28,5	10	—	—	—
26	28,4	20	—	—	—	—	—	—
—	—	—	29	34,5	10	29	37,0	10
—	—	—	36	42,5	10	36	47,0	7
37	40,0	10	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	42	54,0	5
—	—	—	48	54,5	5	—	—	—

Notă: Se livrează la lungimea de 3 m.

Tabela 2-4. Caracteristicile constructive ale tuburilor PEL

Tipul	PEL- A și PEL-B			PEL-A			PEL-B	
Indicativul	Diametrul, mm		Greu- tatea kg/m	Lungimea fil tului tubului mm	Lungi- mea mufei mm	Diametrul exterior al mufei mm	Lungi- mea mufei mm	Diametrul exterior al mufei mm
	Interior d_i	exterior d_e						
PEL-9	12,8	15,2	0,42	15	26	17	50	18
PEL-11	16,0	18,3	0,56	17	30	20,5	50	21,6
PEL-13	17,8	20,4	0,61	17	30	23	55	23,4
PEL-16	19,30	22,5	0,71	20	36	25	60	25,7
PEL-21	25,30	28,3	1	23	40	31	70	31,8
PEL-29	33,6	37	1,49	25	44	41	80	41
PEL-36	43,00	47	2,24	30	54	51	80	51,6
PEL-42	49,5	54	2,92	33	61	59	90	59,5
PEL-48	54,80	59,3	3,20	35	64	65	90	64,8

Notă. La aceste tuburi s-au păstrat pentru diametrul nominal treptele corespunzătoare de la IPE; diametrul interior din tabelă reprezintă diametrul golului tubului; acesta nu mai este egal cu diametrul nominal deoarece tuburile PEL nu au captușeală izolantă.

b. *Tuburi flexibile*. Acestea se folosesc în aceleași condiții ca și tuburile rigide corespunzătoare, pentru racordări sau pe trasee sinuoase.

În tabelele 2-5 și 2-6 sînt prezentate caracteristicile constructive și indicațiile de utilizare ale tuburilor flexibile.

Tabela 2.5. Caracteristicile și indicații de utilizare ale tuburilor flexibile (După STAS 4409-54)

Tipul tubului	Caracteristici	Indicații de utilizare
IPF	<i>Tub izolant ușor protejat, flexibil, cu căptușeală interioară izolantă din bandă de hîrtie impregnată (două înfășurări în elice) și cu înveliș flexibil din bandă de oțel plumbuită înfășurată în elice</i> <i>Exemplu de notare:</i> Tub IPF 13,5 STAS 4409-54	În medii normale uscate sau umede cu intermitență, fără praf sau agenți corosivi (în căperi categoria C fără praf combustibil, D și E) Pentru racordări sau pe trasee sinuoase, în montaj aparent sau îngropat, precum și la instalații de pe mașini, aparate, utilaje etc. în condițiile de mediu de mai sus

Tabela 2-5 (continuare)

Tipul tubului	Caracteristici	Indicații de utilizare
IPFR	<i>Tub izolanț și de protecție, flexibil, cu rezistență mecanică; are căptușeala izolanță cu o singură înfășurare de hirtie impregnată și învelișul exterior din două înfășurări flexibile din bandă de oțel plumbuită, înfășurate în elice</i> <i>Exemplu de notare:</i> Tub IPFR 16 STAS 4409-54	În aceleași condiții ca tubul IPF, în cazurile în care se cere o rezistență mecanică superioară
PFR	<i>Tub de protecție, flexibil, cu rezistență mecanică, cu două învelișuri flexibile din bandă de oțel plumbuită, înfășurate în elice, între care se înfășoară o bandă de hirtie impregnată. Nu este izolanț</i> <i>Exemplu de notare:</i> Tub PFR 29 STAS 4409-54	În condițiile de mai sus în medii umede, dar necorosive pentru învelișul de tablă plumbuită, la sollicitări mecanice pînă la 3 kgf/cm ²

Tabela 2-6. Caracteristicile constructive ale tuburilor flexibile

nominal	Diametrul, mm		Lungimea colacului m
	interior	exterior	
9	9,4 ± 0,4	13,4 ± 0,5	100
11	12,0 ± 0,8	16,2 ± 1,0	100
13,5	14,5 ± 0,8	18,9 ± 1,0	100
16	16,8 ± 0,8	21,4 ± 1,0	50
23	24,1 ± 1,0	28,9 ± 1,0	50
29	30,0 ± 1,0	35,1 ± 1,0	50
36	37,4 ± 1,0	43,0 ± 1,0	50

3. **Țevi din oțel pentru instalații.** Aceste țevi se utilizează pentru protecția mecanică și pentru etanșizarea instalațiilor în medii uscate cu praf, în medii umede necorosive, precum și în medii cu pericol de incendiu și explozie (categoriile A, B și C din N.P.C.I.-64). Dimensiunile țevelor sînt indicate în tabela 2-7.

Tabela 2-7. Caracteristicile țevelor obișnuite din oțel pentru instalații
(După STAS 403-57 și 5560-57)

Elementul caracteristic	Unitatea de măsură	Dimensiunile și greutatea									
Diametrul interior nominal	țoli	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	
Diametrul interior	mm	10	15	20	25	32	40	50	65	80	
Diametrul exterior	mm	17,00	21,25	26,75	33,50	42,25	48,25	60,00	75,50	88,50	
Greutatea	kg/m	0,819	1,25	1,63	2,42	3,13	3,86	5,20	6,64	10,19	

4. Tuburi de beton. Tipurile care se fabrică sînt următoarele:

— tuburi cu mufe (STAS 816-63), de secțiune circulară, cu diametrele interioare de 100, 125, 150, 200, 250 și 300 mm, au lungimea mufei de 100—120 mm, iar lungimea totală (inclusiv mufa) este de 1 500 mm;

— tuburi bloc cu patru găuri (STAS 4905-60).

Tuburile din beton se folosesc pentru protejarea mecanică suplimentară a cablurilor (sub partea carosabilă a arterelor de circulație, traversări etc.) sau pentru a asigura trecerea cablurilor prin fundații, subtraversări de construcții etc.

B. IZOLATOARE DE PORȚELAN PENTRU INSTALAȚII CU TENSIUNI SUB 1 kV

1. Izolatoare-rolă pentru instalații interioare. Acestea se fabrică în tipurile R (rolă, fig. 2-1, a), Rc (rolă-clopot, fig. 2-1, b) și Rm (rolă-mosor, fig. 2-1, c).

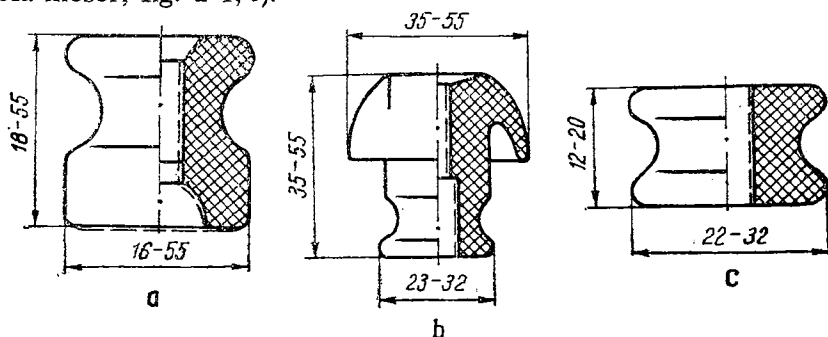


Fig. 2-1. Izolatoare rolă:
a — tip R; b — tip Rc; c — tip Rm.

2. Izolatoare-suport de interior. Acestea se fabrică în tipurile:

— izolator-suport, tip SA1 (sau SB1), cu armare exterioră (fig. 2-2, a);

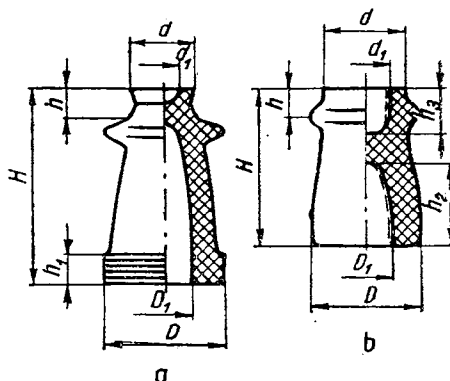


Fig. 2-2. Izolatoare suport tip interior de 1 kV:

a — cu armare exterioră, tip SA1 (sau SB1);
b — cu armare interioară, tip SAI1.

— izolator-suport, tip SAI1, cu armare interioară (fig. 2-2, b). Caracteristicile acestor izolatoare sînt date în tabela 2-8.

Tabela 2-8. Caracteristicile izolatoarelor suport tip interior de 1 kV

Simbolul	Fig.	Dimensiunile, mm									Greutatea kg/buc	Sarcina mini- mă de rupere kgf	Tensiunea, kV	
		D	D ₁	d	d ₁	H	h	h ₁	H ₂	h ₃			de con- turna- re	de stră- pun- gere
SA 1	2—2, a	63	32	47	22	79	17	20	—	—	0,380	375	11	14
SB 1		80	46	60	22	88	23	23	—	—	0,740	750	11	14
SAI 1	2—2, b	72	40	60	38	70	15	—	30	30	0,380	375	11	14

3. Izolatoare de trecere. Tipurile care se fabrică sînt:

— izolator de trecere, tip TB1 (sau TC1), interior-interior (fig. 2-3, a);

— izolator de trecere, tip TBe1, interior-exterior (fig. 2-3, b).

Caracteristicile izolatoarelor de trecere sînt date în tabela 2-9.

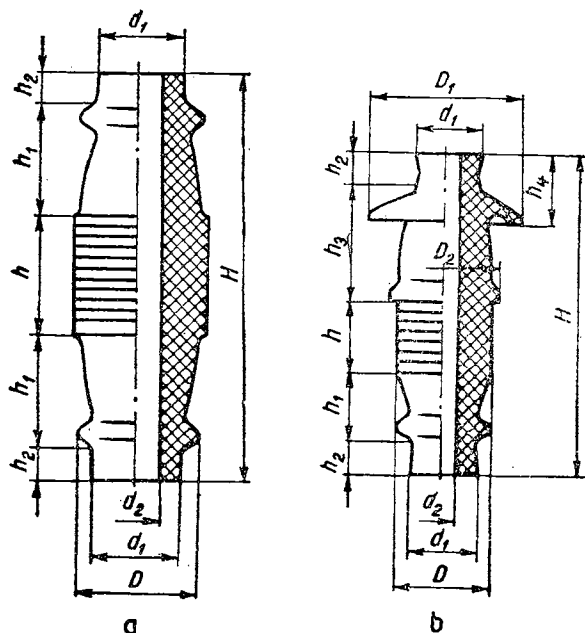


Fig. 2-3. Izolatoare de trecere de 1 kV:
 a — interior-interior, tip TB 1 (sau TC 1); b — interior-exterior,
 tip TBe 1.

Tabela 2-9. Caracteristicile izolatoarelor de trecere de 1 kV

Simbolul	Fig.	Dimensiunile, mm											Greutatea kg/buc.
		D	D ₁	D ₂	d ₁	d ₂	H	h	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	
TB 1	2-3, a	80	—	—	59	36	236	110	43	15	—	—	1,6
TC 1		115	—	—	94	70	236	110	43	15	—	—	3,2
TBe 1	2-3, b	80	100	91	60	36	230	64	43	20	82	47	1,9

4. Izolatoare pentru linii aeriene de 1 kV. Tipurile care se fabrică sînt:

- izolator de susținere, tip N (fig. 2-4, a);
- izolator de tracțiune, tip T (fig. 2-4, b);
- izolator de tracțiune, tip TD (fig. 2-4, c);
- izolator cu siguranță, tip Sig (fig. 2-5).

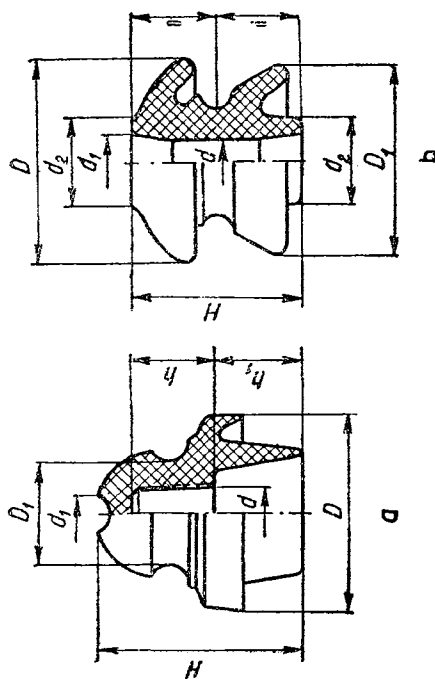


Fig. 2-4. Izolatoare pentru linii aeriene de 1 kV:
a — tip N; b — tip T; c — tip TD.

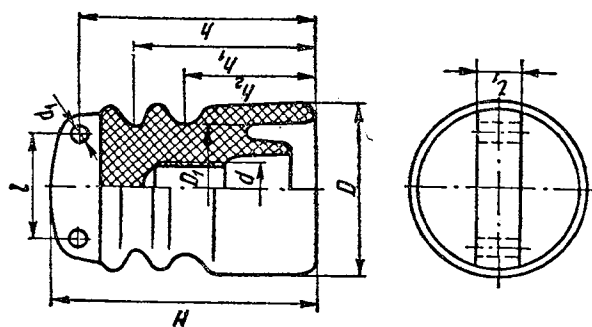


Fig. 2-5. Izolator tip Sig pentru linii de 1 kV.

În tabela 2-10 sînt date caracteristicile izolatoarelor pentru linii aeriene de 1 kV.

Tabela 2-10. Caracteristicile izolatoarelor pentru linii aeriene de 1 kV
(După STAS 665-49)

Simbolul	Fig.	Dimensiunile, mm											Greutate kg/buc.	Sarcina minimă de rupere kgf	Secțiunea maximă a conduc- torului mm ²
		D	D ₁	d	d ₁	d ₂	H	h	h ₁	h ₂	l	l ₁			
N 60	4, a	60	36	17	15	—	60	25	23	—	—	—	0,160	—	—
N 80		80	42	21	19	—	80	31	38	—	—	—	0,360	—	—
N 95		95	50	24	22	—	95	38	41	—	—	—	0,600	—	—
T 65	4, b	75	70	18	20	35	65	—	—	—	—	—	0,320	400	25
T 80		95	87	22	24	40	80	—	—	—	—	—	0,700	500	50
T 115		120	110	30	34	60	115	—	—	—	—	—	1,400	700	150
TD 80	4, c	95	87	22	24	40	80	—	28	24	—	—	0,450	500	50
TD 115		120	110	30	34	60	115	—	40	35	—	—	1,500	700	150
Sig 85	5	64	51	21	7	—	85	75	55	43	44	15	0,300	—	—
Sig 115		74	57	24	9	—	115	103	79	59	50	18	0,600	—	—
Sig 140		69	66	29	11	—	140	125	92	66	60	26	1,000	—	—

C. CONDUCTOARE ȘI CABLURI ELECTRICE

1. Conductoare neizolate pentru instalații aeriene. Se produc conductoare neizolate de cupru, de aluminiu și conductoare funie de oțel. Principalele caracteristici ale acestor conductoare sînt indicate în tabelele 2-11, 2-12 și 2-13.

Tabela 2-11. Caracteristicile conductoarelor neizolate de cupru
(După STAS 687-56)

Secțiunea conduc- torului mm ²		Structura conductorului				Sarcina minimă de rupere la întindere kgf	Rezistența electrică maximă la 20°C Ω/km	Greu- tatea medie kg/km
nomi- nală	reală	numă- rul de fire	ășezarea firelor	diametrul firului mm	diametrul conductorului mm			
6	5,86	1	1	2,73	2,73	228	3,059	52,1
10	9,77			3,52	3,52	379	1,839	86,6
16	15,47			4,50	4,50	688	1,126	141,5

Tabela 2-11 (continuare)

Secțiunea conductorului mm ²		Structura conductorului				Sarcina minimă de rupere la întindere kgf	Rezistența electrică maximă la 20°C Ω/km	Greutatea medie kg/km
nominală	reală	numărul de fire	așezarea firelor	diametrul firului mm	diametrul conductorului mm			
10	9,73	7	1 + 6	1,33	4,00	360	1,890	89,0
16	15,54			1,68	5,00	575	1,184	142,0
25	24,50			2,11	6,30	907	0,751	224,0
35	33,81			2,49	7,50	1 251	0,544	309,0
35	34,01	19	1+6+ +12	1,51	7,50	1 253	0,543	312,0
50	48,83			1,81	9,00	1 807	0,378	448,0
70	68,40			2,14	10,70	2 531	0,270	628,0
95	91,77			2,49	12,50	3 395	0,201	642,0
120	117,29	37	1+6+ +12+18	2,01	14,10	4 340	0,157	1 078,9
150	145,78			2,24	15,70	5 394	0,126	1 339,0
185	178,71			2,49	17,40	6 612	0,103	1 642,0

Tabela 2-12. Caracteristicile conductoarelor neizolate de aluminiu
(După STAS 3032-52)

Secțiunea conductorului mm ²		Structura conductorului			Diametrul conductorului mm	Sarcina minimă de rupere la întindere kgf	Rezistența electrică maximă la 20°C Ω/km	Greutatea medie kg/km
nominală	reală	numărul de fire	așezarea firelor în straturi	diametrul firului mm				
16	15,9	7	1+6	1,70	5,1	251	1,887	45,5
25	24,2			2,10	6,3	383	1,232	63,8
35	34			2,50	7,5	538	0,871	96,9
50	49			3,00	9,0	729	0,606	139,2
50	48	19	1+6+12	1,80	9,0	734	0,624	136,8
70	66			2,10	10,5	1 009	0,456	188,0
95	93			2,50	12,5	1 423	0,322	265,0
120	117			2,80	14,0	1 685	0,257	334,1
150	147	37	1+6+12+ +18	2,25	15,8	2 199	0,204	420,4
185	182			2,50	17,5	2 723	0,165	521,2
240	228			2,80	19,6	3 210	0,133	652,8
240	243	61	1+6+12+ +18+24	2,25	20,8	3 511	0,125	696,6
300	299			2,50	22,5	4 320	0,101	858,6

Tabela 2-13. Caracteristicile conductoarelor funie de oțel zincat (După STAS 3734-60)

Secțiunea conductorului, mm ²	Structura conductorului			Diametrul conductorului mm	Sarcina minimă de rupere la întindere, kgf				Rezistența elec- trică maximă la 20°C, Ω/km	Greutatea kg/km
	nomi- nală	reală	numărul de fire	agregarea firelor	diametrul firului mm	Tip A	Tip B	Tip C	Tip D	Tipurile A și B C și D
10	10,0				1,35	375	660	1 130	1 325	15,0 25,0
16	15,9				1,70	600	1 045	1 800	2 100	8,8 16,0
25	24,2		7	1+6	2,10	910	1 593	2 750	3 200	5,8 10,0
35	34,4				2,50	1 300	2 265	3 885	4 520	4,1 7,3
50	49,5				3,00	1 860	3 257	5 585	6 530	2,8 5,1
50	48,3				1,80	1 820	3 180	5 450	6 370	2,9 5,2
70	65,8				2,10	2 470	4 324	7 425	8 650	2,1 3,8
95	93,3		19	1+6+12	2,50	3 510	6 140	10 530	12 320	1,5 2,7
120	117,0				2,80	4 400	7 690	13 160	15 420	1,2 2,2
95	94				1,80	3 570	6 175	10 605	12 410	1,5 2,7
120	116,2		37	1+6+ +12+18	2,00	4 360	7 660	13 065	15 420	1,2 2,2
150	147,1				2,25	4 550	9 680	16 640	19 360	1,0 1,7
185	181,6				2,50	6 800	11 920	21 700	23 880	0,8 1,4

2. Bare conductoare. Se produc bare masive cu secțiuni dreptunghiulare sau circulare cu caracteristicile indicate în tabelele 2-14, 2-15 și 2-16.

Tabela 2-14. Unele caracteristici fizico-mecanice ale barelor conductoare

Caracteristica	Bare		
	de cupru	de aluminiu	de oțel
Rezistivitatea electrică la $+20^{\circ}\text{C}$, în mm^2/m , maximum	0,01786	0,027	0,13*
Greutatea specifică, în kg/dm^3	8,9	2,7	~ 8
Rezistența minimă de rupere la tracțiune, în kgf/mm^2	25	10	36,5
Alungirea relativă minimă la rupere, în %	8—10	5	—

*) În curent continuu

Tabela 2-15. Caracteristicile constructive ale barelor conductoare de secțiune dreptunghiulară

Dimensiunile, mm		Secțiunea barei mm^2	Greutatea, kg/m		
lățimea	grosimea		CU E (STAS 392-55)	Al de 99,5% (STAS 3322-52)	Oțel (STAS 908-59)
20	3	60	—	0,162	0,47
25	3	78	—	—	0,61
30	3	90	—	0,243	0,94
40	3	120	—	—	1,18
50	3	150	—	—	1,41
20	4	80	—	—	0,628
25	4	100	—	—	0,785
30	4	120	—	0,32	0,942
40	4	160	—	0,43	1,26
50	4	200	—	0,54	1,57
20	5	100	0,89	0,27	—
25	5	125	1,11	—	—
30	5	150	1,34	0,405	—
40	5	200	1,78	0,54	—
50	5	250	2,23	0,68	—
60	5	300	2,67	0,81	—
80	6	480	4,27	1,30	—
100	6	600	5,34	1,62	—

Tabela 2-15 (continuare)

Dimensiunile, mm		Secțiunea barei mm ²	Greutatea, kg/m		
lățimea	grosimea		CU E (STAS 392-55)	Al de 99,5% (STAS 3322-52)	Oțel (STAS 908-59)
60	8	480	4,27	1,30	—
80	8	640	5,70	1,73	—
100	8	800	7,12	2,16	—
60	10	600	5,34	1,62	—
80	10	800	7,12	2,16	—
100	10	1 000	8,9	2,70	—

Tabela 2-16. Caracteristicile barelor conductoare de secțiune circulară

Diametrul mm	Secțiunea mm ²	Greutatea, kg/m, la		
		CU E (STAS 391-54)	Al 99,5% (STAS 2339-51)	Oțel (STAS 333-57)
5	19,64	0,175	—	—
6	28,27	0,252	0,08	0,222
7	38,48	0,343	0,104	0,302
8	50,27	0,447	0,136	0,395
9	63,63	0,566	—	—
10	78,54	0,699	0,212	0,617
11	95,03	0,846	0,257	—
12	113,10	1,007	0,305	0,888
14	153,9	1,370	0,416	1,210
16	201,1	1,789	0,543	1,580
18	254,5	2,265	0,687	2,000
20	314,2	2,796	0,848	2,470
22	380,1	3,383	1,03	2,98
25	490,1	4,369	1,33	3,86
28	615,8	5,480	1,66	—
30	706,9	6,291	1,91	3,55
32	804,2	7,158	2,17	—
35	962,1	8,563	2,60	—
38	1 134,0	10,094	3,06	—
40	1 257,0	11,184	3,39	—
45	1.590,0	14,155	4,29	—

3. Conducte electrice izolate pentru instalații fixe. Principalele tipuri de conducte izolate utilizate în instalații fixe și unele dintre caracteristicile acestora sînt indicate în tabela 2-17.

Tabela 2-17. Caracteristicile principalelor conducte electrice izolate pentru instalații electrice fixe

Denumirea conductei electrice	STAS sau N.I.	Simbolul	Secțiunea (mm ²) și unorii numărului de fire	Indicații de utilizare
Conducte de cupru cu izolație de cauciuc	526-55	F	0,75—400	În instalații de c.a. (curent alternativ) până la 500 V sau de c.c. (curent continuu) până la 1000V, în montaj neprotejat (pe role) sau protejat în tuburi; în cazul pozăzii sub teacuiă se montează numai în tuburi izolante
Idem, de aluminiu	5 699-57	AF	2,5 —400	
Conducte de cupru cu izolație de cauciuc, flexibile	958-56	Ff	0,75—150	Idem, cînd la montarea conductei este necesar ca aceasta să fie flexibilă
Idem, foarte flexibile	959-56	Fff	0,75—150	Idem, cînd apare necesară o mare flexibilitate a conductei la montarea ei
Conducte de cupru cu izolație de material plastic	N.I. 827-59	FY	0,75—300	În instalații de c.a. pînă la 500 V sau de c.c. pînă la 1000 V. Se montează în tuburi, în medii cu temperaturi cuprinse între —5°C și +35°C (la montaj, iar în exploatare între —20°C și +40°C
Idem, de aluminiu	N.I. 827-59	AFY	1,00—300	

Tabela 2-17 (continuare)

Denumirea conductei electrice	STAS sau N.I.	Simbolul	Secțiunea (mm ²) și uneori numărul de fire	Indicații de utilizare
Conducte de cupru, paralele plate, cu izolație și manta de material plastic	N.I. 282-59	FYY	$2 \times 1-2 \times 4$ $3 \times 1-3 \times 4$	Pe sau sub tencuială, numai pe suprafețe necombustibile, în spații uscate, cu temperaturi cuprinse între limitele arătate la FY
Idem, de aluminiu	N.I. 828-59	AFYY	$2 \times 2,5-2 \times 4$ $3 \times 2,5-3 \times 4$	
Conducte de aluminiu paralele, plate, cu izolație și manta din masă plastică, execuție specială-întărită	N.I.	AFYYS	V. nota finală	Pentru cazuri când circuitele rămân condamnate (în befoane, sub pardoseli etc.), în medii cu temperaturi cuprinse între limitele arătate la FY
Conducte de cupru armate, normale	5 577-57	FA	$1 \times 1,5-1 \times 50$ $2 \times 1,5-2 \times 70$ $3 \times 1,5-3 \times 70$ $(3+1) 1,5-(3+1) 50$	În încăperi uscate, pentru montare aparentă, în c.a. până la 1 000 V, în c.c. cu un conductor legat la pământ, până la 750 V; pe trasee expuse loviturilor și în instalații pe mașini (macarale, poduri rulante, ascensoare etc.)
Conducte de cupru armate, flexibile	5 577-57	FAF	$1 \times 1,5-1 \times 50$ $2 \times 1,5-2 \times 50$ $3 \times 1,5-3 \times 35$ $(3+1) 1,5-(3+1) 35$	Idem, unde se cere o flexibilitate în timpul montării conductei

Conducte de cupru armate, cu manta de cauciuc normale	5 577-57	FAC	$1 \times 1,5-1 \times 70$ $2 \times 1,5-2 \times 50$ $3 \times 1,5-3 \times 50$ $(3+1) 1,5-(3+1) 35$	Idem, fără flexibilitate, în locuri umede, sau în spații neprotejate cu acoperiș
Conducte de cupru armate, cu manta de cauciuc, flexibile	5 577-57	FAfC	$1 \times 1,5-1 \times 50$ $2 \times 1,5-2 \times 35$ $3 \times 1,5-3 \times 35$ $(3+1) 1,5-(3+1) 35$	Idem, unde se cere o flexibilitate a conductei în timpul montării
Conducte de cupru sau de aluminiu izolate, rezistente la intemperii	4 379-60	FCI AFCI	$1,5-150$ $2,5-150$	Pentru instalații aeriene, în atmosferă umedă sau cu conținut de agenți corosivi

Semnificația simbolurilor:

F — instalații fixe; A — armătură cu sîmă rotundă sau conductor de aluminiu (cînd este scris la începutul simbolului conductei); C — cauciuc; f — flexibil; ff — foarte flexibil; s — suspendare; Y — masă plastică; S — izolație (execuție) specială; I — înveliș rezistent la intemperii.

Notă. Conductele paralele plate speciale AFYYS au fost asimilate în anul 1964 (N.I.D.—M.I.C.M. nr. 1519-64). Mantaua și izolația din PVC a acestor conducte au unele caracteristici superioare, astfel: rezistența la rupere, minimum 100 kgf/cm²; alungirea relativă la rupere, minimum 120%; rezistența la străpungere în stare umedă, minimum 2 kV la 50 Hz; rezistența de izolație a fiecărui conductor, la +20°C, minimum 50 MΩ/km.

Conductele AFYYS se produc în variantele și cu caracteristicile constructive indicate în fig. 2-6 și tabela 2-18.

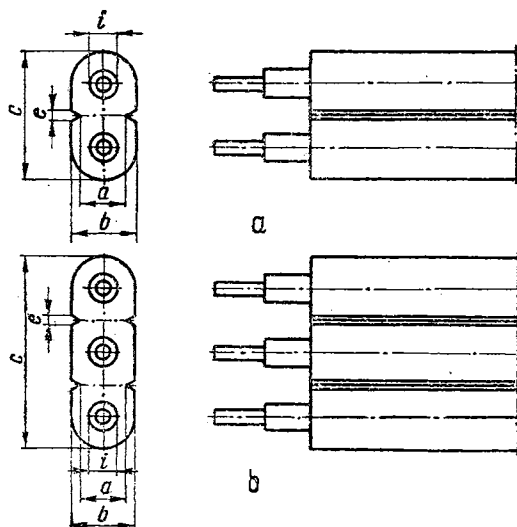


Fig. 2-6. Conducte cu izolație și manta, execuție specială AFYYS:

a — cu două conductoare de aluminiu; b — idem, și unul de cupru.

Tabela 2-18. Dimensiunile constructive ale conductelor AFYYS
(După N.I.D.-M.I.P.C. 1519-64)

Numărul de conductoare și secțiunea mm ²	Grosimea, în mm, a:		Dimensiunile aproximative (v. fig. 2-6) mm					Greutatea aproximativă kg/km
	izolației	mantalei	a	b	c	e	i	
2×2,5—Al	0,65	1,6	2,9—3,2	6,0—6,4	11,0—12,5	2,0	3,0	72
3×2,5—Al	0,65	1,6	2,9—3,2	6,0—6,4	16,0—17,5	2,0	3,0	105
2×2,5—Al + +1×2,5—Cu	0,65	1,6	2,9—3,2	6,0—6,9	16,0—17,5	2,0	3,0	120
2×4—Al	0,75	1,6	3,6—3,9	0,7—7,2	12,0—13,5	2,0	3,0	96
2×4—Al + +1×2,5—Cu	0,75	1,6	3,6—3,9	6,7—7,2	18,0—19,5	2,0	3,0	156

4. **Cordoane cu izolație și manta de cauciuc.** În tabela 2-19 și fig. 2-7 sînt indicate caracteristicile acestor materiale.

5. **Cabluri de energie.** Tipurile uzuale de cabluri de energie și indicațiile de utilizare ale acestora sînt date în tabela 2-20 și fig. 2-8, 2-9, 2-10 și 2-11.

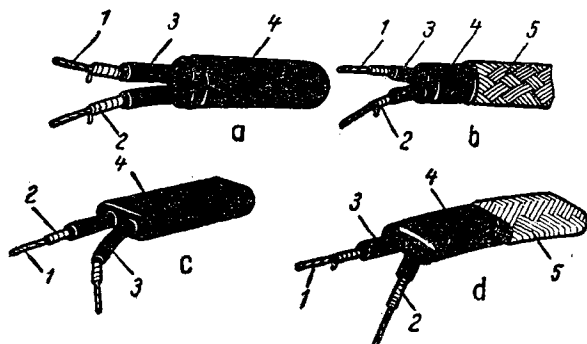


Fig. 2-7. Cordoane în manta de cauciuc în execuție ușoară și mijlocie:

a — tip MCU (respectiv MCM); b — tip MCUT (respectiv MCMT); c — tip MCUp (respectiv MCMp); d — tip MCUpT (respectiv MCMpT); 1 — conductor multifilar; 2 — înfășurare de bumbac; 3 — izolație de cauciuc; 4 — manta de cauciuc; 5 — împletitură textilă.

Caracteristicile constructive pentru cablurile de energie sînt indicate în tabelele 2-21, 2-22, 2-23, 2-24 și 2-25.

Izolația conductoarelor din cabluri se colorează astfel:

— la cablurile cu izolația de hîrtie: faza *R*, cu roșu; faza *S* cu albastru; faza *T*, cu verde, nulul, de culoarea hîrtiei;

— la cablurile cu izolația de cauciuc: faza *R*, cu roșu; faza *S*, cu albastru; faza *T*, cu negru; nulul, cu cenușiu.

6. **Cabluri pentru instalații de control, semnalizare, măsură și comandă.** Se produc cabluri cu 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 16, 19, 21, 24, 27, 30, 33, 37, 42 conductoare de cupru; diametrul fiecărui conductor poate să fie de 1,0 sau 1,73 mm.

Natura și aranjamentul izolației, ale mantalelor, ale învelișurilor de protecție și ale benzilor de armare, precum și condițiile de folosire ale acestor cabluri (în funcție de natura mediului, de traseul circuitelor etc.) sînt în general aceleași ca la tipurile corespunzătoare de cabluri de energie.

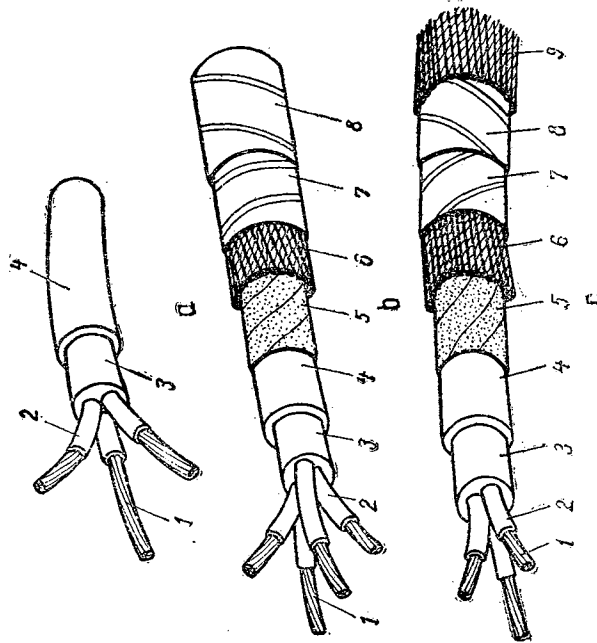


Fig. 2-8. Cabluri cu izolație și manta din PVC:
 a — tip CYY (sau ACYY); b — tip CYVB (sau ACYVB); c — tip CYVBI (sau ACYVBI); 1 — conductor de cupru (sau aluminiu); 2 — izolație de PVC; 3 — material de umplutură din PVC; 4 — manta din PVC; 5 — înfășurare de hirtie impregnată; 6 — înfășurare de sfoară de cânepă impregnată; 7 și 8 — benzi de oțel; 9 — înfășurare de sfoară de cânepă impregnată cu masă izolantă întărită cu praf de cretă.

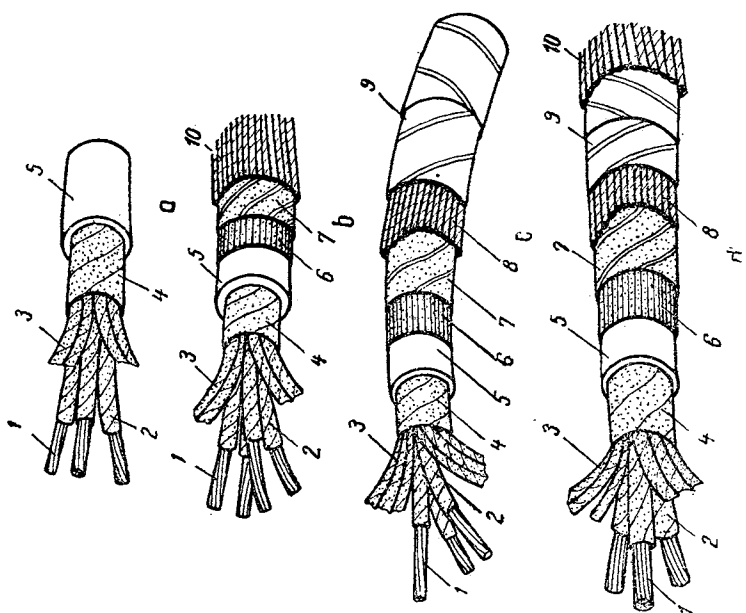


Fig. 2-9. Cabluri cu izolație de hirtie în manta de plumb:
 a — tip CHP (sau ACHP); b — tip CHPBI (sau ACHPBI); c — tip CHPB (sau ACHPB); d — tip CHPBI sau ACHPBI); 1 — conductor multifilar de cupru (sau aluminiu); 2 — izolație de hirtie impregnată; 3 — umplutură de hirtie impregnată; 4 — înfășurare comună de hirtie impregnată; 5 — manta de plumb; 6 — strat de masă izolantă; 7 — strat de hirtie impregnată; 8 și 10 — strat de sfoară de cânepă impregnată; 9 — armătură dublă din benzi de oțel.

Fig. 2-10. Cabluri cu izolație de cauciuc în manta de plumb:

a — tip CP (sau ACP); b — tip CPI (sau ACP1); c — tip CPB (sau ACPB); d — tip ACBI (sau ACpBI); 1 — conductor din cupru (sau aluminiu); 2 — izolație din cauciuc; 3 — înfășurare din pânză cauciucată; 4 — manta din cauciuc; 7 — manta din plumb; 8 — strat din masă izolantă; 9 — înfășurare dublă din hirtie impregnată; 10 și 12 — strat din sfoară de cinepă impregnată; 11 — armătură dublă din benzi din oțel (la cablurile cu secțiuni mai mari de 4 mm² în locul mantelei 4 din cauciuc se prevede o umplutură 5 din fire textile și o înfășurare 6 dublă din benzi de pânză impregnată).

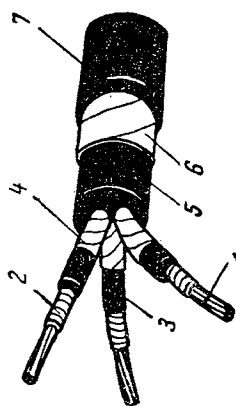
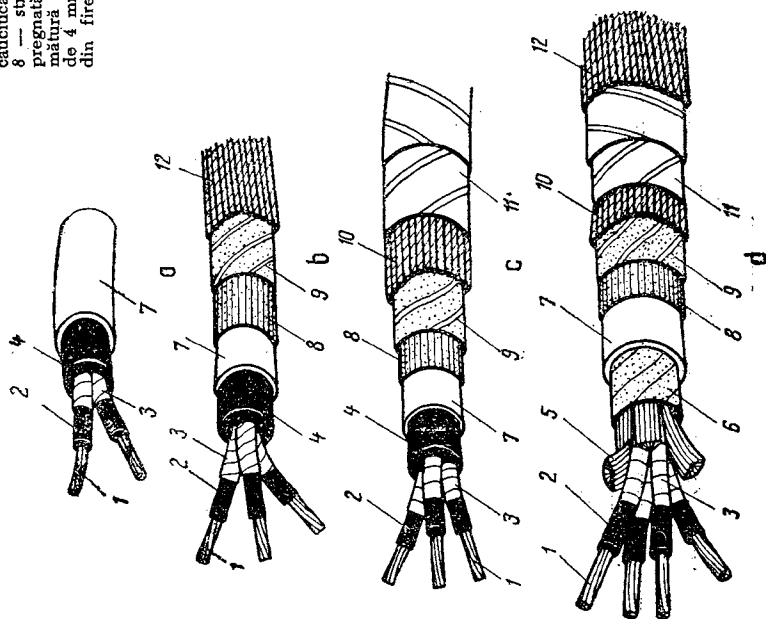


Fig. 2-11. Cablu în manta de cauciuc, execuție grea (simbol MCG): 1 — conductor multifilar; 2 — înfășurare de bumbac; 3 — izolație de cauciuc; 4 și 6 — bandă din pânză de bumbac cauciucată; 5 și 7 — manta de cauciuc.

Tabela 2-19. Caracteristicile cordonanelor în manta de cauciuc (După STAS 1236-56)

Denumirea cordonului	Simbolul (tipul) cablului	Tensiunea nominală V	Numărul vînelor conduc- toare	Secțiunea nominală mm ²	Greutatea, în kg/km, pentru numărul de vîne				Domeniul de utilizare
					2	3	4		
Cordon în manta de cauciuc, execuție ușoară	MCU	250	2	$\begin{Bmatrix} 0,75 \\ 1,0 \end{Bmatrix}$	59	—	—	Instalații electrice mobile, pentru ra- cordarea la rețea a aparatelor casnice, de putere mică (lămpi, aparate de încălzit etc.)	
	MCUT				66	—	—		
	MCUp				63	—	—		
	MCUpT				70	—	—		
Cordon în manta de cauciuc, execu- ție mijlocie	MCM 2	500	2	$\begin{Bmatrix} 0,75 \\ 1,0 \end{Bmatrix}$	44	—	—	Instalații electrice mobile, pentru ra- cordarea aparatelor casnice și semi- industriale, cînd manipularea este supusă la solicitări mecanice moderate	
	MCM 3				54	—	—		
	MCM 4				48	—	—		
					60	—	—		
	MCMT 2		3	$\begin{Bmatrix} 0,75 \\ 1,0 \end{Bmatrix}$	86	103	123		
	MCMT 3				97	120	137		
	MCMT 4				131	155	186		
					194	233	318		
	MCMT 2		4	$\begin{Bmatrix} 0,75 \\ 1,0 \end{Bmatrix}$	90	107	127		
	MCMT 3				101	124	142		
	MCMT 4				136	160	191		
					200	258	324		
	MCMp	500	2	$\begin{Bmatrix} 0,75 \\ 1,0 \\ 1,5 \\ 2,5 \end{Bmatrix}$	68	—	—		
					84	—	—		
					110	—	—		
					162	—	—		
MCMpT			$\begin{Bmatrix} 0,75 \\ 1,0 \\ 2,5 \\ 4,0 \end{Bmatrix}$	72	—	—			
				88	—	—			
				115	—	—			
				167	—	—			

Semnificația simbolurilor: M — instalații mobile; C — cauciuc; p — execuție plată; U — execuție ușoară; M — execuție mijlocie; T — tressă textilă.

Tabela 2-20. Cabluri de energie, pentru tensiuni pînă la 1 kV

Simbolul (tipul) cablului	Fig.	Indicații de utilizare
Cabluri cu conductoare de cupru, sau de aluminiu, cu izolație și manta din PVC, cu tensiunea nominală de 1 kV (N.I. 954-61)		
CYY ACYY	2-8, a	În instalații interioare din clădiri, în canale sau în tunele de cabluri, în locuri în care cablurile nu sînt expuse loviturilor în timpul montării sau în exploatare, precum și în medii care nu acționează asupra mantalei din PVC Nu se pot folosi în încăperi cu pericol de explozie sau incendiu (categoriile A, B, și C din N.P.C.I.)
CYYB ACYVB	2-8, b	În aceleași condiții ca mai sus, în locuri în care cablurile sînt expuse loviturilor, în timpul montării sau în exploatare
CYYBI ACYBI	2-8, c	Pentru montaj îngropat în șanțuri, dar numai în cazurile cînd solul nu este în permanență umed
Cabluri cu conductoare de cupru sau de aluminiu, cu izolație de hîrtie și manta de plumb, cu tensiunea nominală de 1 kV (STAS 4481-59)		
CHP ACHP	2-9, a	În instalații interioare, precum și în tunele și canale de beton, în medii fără vapori, gaze sau alți agenți care acționează asupra plumbului; nu se montează direct pe tencuieli; nu se pot monta în locuri expuse loviturilor, în timpul montării sau în exploatare
CHPI ACHPI	2-9, b	În instalații exterioare, în medii care însă nu atacă învelișul de protecție, pe trasee neexpuse loviturilor
CHPB ACHPB	2-9, c	În aceleași condiții ca și cablurile CHPI (ACHPI), dar în locuri expuse loviturilor și în medii cu pericol de explozie sau incendiu
CHPBI ACHPBI	2-9, d	În instalații exterioare îngropate în pămînt, sau pozate pe pereții exteriori ai clădirilor sau pe elementele construcțiilor deschise. În cazul montării în tuburi de beton, cablul poate fi tras pe o lungime de maximum 50 m

Tabela 2-20 (continuare)

Simbolul (țirul) cablului	Fig.	Indicații de utilizare
Cabluri cu conductoare de cupru (STAS 2405-61) sau de aluminiu (N.I. 725-58), cu izolație de cauciuc, cu tensiunea nominală de 0,5 kV în curent alternativ și de 1 kV în curent continuu		
CP ACP	2-10, a	În instalații interioare din clădiri, în canale sau în tuneluri de cabluri, pe trasee neexpuse loviturilor, în medii fără vapori, gaze sau alți agenți care acționează asupra plumbului și când nu există pericol de explozie; nu se montează direct pe tencuială
CPI ACPI	2-10, b	În aceleași condiții ca și cablurile CP (ACP) dar și în medii cu agenți corosivi, însă care nu acționează asupra învelișului de protecție
CPB ACPB	2-10, c	În aceleași condiții ca și cablurile CP (ACP) cum și în medii cu pericol de incendiu și de explozie, dar fără agenți corosivi; se pot poza pe trasee expuse loviturilor, fără a fi supuse la eforturi mari de tracțiune
CPBI ACPBI	2-10, d	În instalații exterioare, aparente pe construcții sau îngropate în pământ, fără a fi supuse la eforturi de tracțiune
MCC	2-11	În instalații electrice mobile, pentru racordarea utilajelor transportabile sau mobile, în cazurile când în exploatare cablurile sînt supuse la solicitări grele

Cabluri cu conductoare de cupru, cu izolație și manta dublă de cauciuc, în execuție grea cu tensiunea nominală de 0,5 kV (STAS 1236-56)

Semnificația simbolurilor: C — cablu de energie; H — hîrtie; Y — material plastic; P — plumb; I — înveliș protector; B — armătură din benzi de oțel; M — pentru receptor; G — execuție grea.

Notă. În cazurile când cablurile cu înveliș I combustibil pătrund în interiorul clădirilor, pe porțiunea respectivă li se scoate învelișul sau se pozează în canale sub un strat de nisip.

Tabela 2-21. Caracteristicile conductoarelor cu secțiune circulară pentru cablurile de energie

Secțiunea conductorului mm ²		Numărul de fire	Diametrul firului mm	Diametrul conductorului mm	Rezistența electrică la 20 °C, Ω/km	
nominălă	reală				cupru	aluminiu
2,5	2,43	1	1,76	1,76	7,289	11,33
4	3,94	1	2,24	2,24	4,554	7,08
6	5,85	1	2,73	2,73	3,037	4,73
10	9,72	1	3,52	3,52	1,822	2,837
16	15,90	1	4,52	4,52	1,123	1,784
16	15,52	7	1,68	5,04	1,144	1,827
25	24,48	7	2,11	6,33	0,7289	1,13
35	34,09	7	2,49	7,47	0,5208	0,812
50	48,89	19	1,81	9,05	0,3644	0,567
70	68,34	19	2,14	10,70	0,2603	0,404
95	92,52	19	2,49	12,45	0,1930	0,306
120	117,41	37	2,01	14,07	0,1521	0,241
150	145,81	37	2,24	15,68	0,1224	0,194
185	181,17	37	2,49	17,43	0,09912	0,157
200	234,00	61	2,21	19,89	0,07632	0,121

Tabela 2-22. Caracteristicile cablurilor cu izolație și manta din PVC

Numărul de conductoare și secțiunea nominală mm ²	Diametrul cablului, mm			Greutatea cablului, kg/km					
	CYY ACYY	CYYB ACYYB	CYYBI ACYYBI	CYY	ACYY	CYYB	ACYYB	CYYBI	ACYYBI
2 × 1,5	11,2	14,8	18,8	180	—	410	—	540	—
2 × 2,5	12,3	16,0	20,0	200	—	500	—	610	—
2 × 4	13,7	18,1	22,1	290	240	560	520	670	620
2 × 6	14,9	19,3	23,3	350	250	760	680	880	800
2 × 10	16,9	21,3	25,3	480	360	1 090	970	1 250	1 130
2 × 16	18,9	23,3	27,3	710	450	1 430	1 100	1 040	1 260
2 × 16*)	19,6	24,7	28,8	750	—	1 460	—	1 680	—
2 × 25	23,3	27,7	31,7	950	640	1 760	1 450	2 000	1 690
2 × 35	26,0	29,4	34,4	1 140	700	2 160	1 720	2 460	2 020
2 × 50	30,5	34,7	38,7	1 700	1 070	2 800	2 170	3 100	2 500
2 × 70	33,6	38,0	42,0	2 180	1 320	3 370	2 510	3 730	2 870
2 × 95	38,0	42,3	46,3	2 860	1 700	4 270	3 110	4 650	3 490
2 × 120	42,2	46,5	50,6	3 700	2 240	4 950	3 490	5 360	3 900
2 × 150	46,6	51,0	55,0	4 400	2 260	6 100	4 270	6 560	4 630
2 × 185	51,0	55,3	59,3	5 320	3 070	7 080	4 820	7 590	5 330

Tabela 2-22 (continuare)

Numărul de conductoare și secțiunea nominală mm ²	Diametrul cablului, mm			Greutatea cablului, kg/km					
	CYY ACY	CYYB ACYB	CYYBI ACYBI	CYY	ACY	CYYB	ACYB	CYYBI	ACYBI
2 × 240	58,0	63,2	67,5	6 400	3 720	8 100	5 540	8 680	6 440
3 × 1,5	11,6	15,2	19,2	220	—	500	—	600	—
3 × 2,5	12,9	16,5	20,5	240	—	570	—	700	—
3 × 4	14,6	19,0	23,0	340	270	780	700	890	810
3 × 6	16,0	20,4	24,4	440	330	870	760	990	880
3 × 10	17,7	22,1	26,1	600	420	1 280	1 100	1 430	1 250
3 × 16	19,9	24,3	28,3	870	520	1 640	1 300	1 850	1 500
3 × 16*)	21,3	26,6	30,5	900	—	1 670	—	1 930	—
3 × 25	25	29,4	33,4	1 250	800	2 230	1 780	2 630	2 170
3 × 35	27,9	32,3	36,3	2 230	900	2 700	2 060	3 100	2 450
3 × 50	32,1	36,50	40,5	2 920	1 300	3 510	2 590	3 900	2 980
3 × 70	35,7	40,1	44,1	3 980	1 630	4 320	3 030	4 900	3 610
3 × 95	41,3	45,7	49,7	3 980	2 240	5 400	3 650	6 080	4 340
3 × 120	45,2	49,6	53,6	4 880	2 680	6 320	4 120	6 900	4 690
3 × 150	49,5	53,9	57,9	5 950	3 230	7 800	5 040	8 830	6 070
3 × 185	54,1	58,5	62,5	7 230	3 830	9 300	5 900	10 300	7 010
3 × 240	61,6	66,1	70,1	8 700	4 320	10 500	6 950	11 800	8 120
3 × 4+1 × 2,5	16,8	20,1	24,1	390	—	890	—	1 040	—
3 × 6+1 × 4	18,9	21,6	25,6	460	340	950	840	1 150	1 040
3 × 10+1 × 6	22,0	27,5	31,5	670	480	1 480	1 200	1 700	1 430
3 × 16+1 × 10	24,3	31,0	35,0	1 120	600	1 890	1 400	2 260	1 630
3 × 16+1 × 10*)	27,4	33,6	37,2	1 150	—	1 920	—	2 300	—
3 × 25+1 × 16	29,6	35,0	39,0	1 560	920	2 530	1 900	2 890	2 250
3 × 35+1 × 16	33,6	40,0	44,0	1 960	1 100	3 160	2 300	3 470	2 610
3 × 50+1 × 25	39,5	46,7	50,7	2 650	1 430	4 140	2 920	4 300	3 140
3 × 70+1 × 35	43,3	50,6	54,0	3 500	1 900	5 080	3 550	5 380	3 940
3 × 95+1 × 50	50,4	57,0	61,0	4 750	2 310	6 400	3 960	6 890	4 350
3 × 120+1 × 50	54,3	60,9	64,9	5 700	2 800	7 390	4 350	7 900	4 560
3 × 150+1 × 70	59,3	65,6	69,6	6 800	3 660	8 750	5 610	9 450	6 310
3 × 185+1 × 70	64,2	70,7	74,7	8 050	4 580	10 300	6 830	11 000	7 530
3 × 240+1 × 95	73,4	80,2	84,7	9 800	5 960	12 860	9 220	13 700	10 100

*) Conductor de cupru multifilar; începînd cu secțiunea de 25 mm² inclusiv sînt multifilare și conductoarele de aluminiu.

Tabela 2-23. Caracteristicile cablurilor de 1 kV cu izolația din hirtie

Numărul de conductoare și secțiunea nominală mm²	Diametrul cablului, mm				Greutatea cablului, kg/km							
	CHP ACHP	CHPI ACHPI	CHPB ACHPB	CHPBI ACHPBI	CHP	ACHP	CHPI	ACHPI	CHPB	ACHPB	CHPBI	ACHPBI
Cabluri cu secțiunea conductoarelor circulară												
3 × 10	14	18	20	24	950	750	1 000	800	1 500	1 300	1 700	1 500
3 × 16	17	22	24	27	1 100	800	1 250	950	2 000	1 700	2 200	1 900
3 × 25	20	25	27	31	1 750	1 300	1 950	1 500	2 800	2 350	3 000	2 550
3 × 35	23	28	30	34	2 300	1 650	2 600	1 950	3 450	2 800	3 650	3 000
3 × 50	27	31	33	37	2 900	2 000	3 200	2 250	4 400	3 450	4 000	3 650
3 × 70	30	34	36	40	4 050	2 800	4 250	2 950	4 950	3 650	5 200	3 900
3 × 95	34	37	38	42	5 200	3 400	5 450	3 650	6 650	4 850	6 800	5 000
3 × 120	39	40	41	45	6 700	4 450	6 900	4 700	7 850	5 600	8 200	5 950
3 × 150	42	44	46	50	8 150	5 350	8 550	5 750	9 500	6 750	9 900	7 100
Cabluri cu secțiunea conductoarelor format sector												
3 × 10	15	19	21	25	1 100	900	1 250	1 050	1 700	1 500	1 900	1 700
3 × 16	19	23	25	29	1 400	1 050	1 550	1 200	2 400	2 050	2 600	2 250
3 × 25	23	27	29	33	2 200	1 650	2 500	2 000	3 250	2 700	3 550	3 000
3 × 35	28	30	32	36	2 800	2 000	3 100	2 300	4 200	3 400	4 400	3 600
3 × 50	33	34	36	40	3 700	2 700	4 000	3 000	5 100	4 100	5 500	4 500
3 × 70	34	39	41	44	4 800	3 300	5 050	3 550	5 900	4 400	7 200	5 050
3 × 95	38	43	45	49	6 550	4 500	6 800	4 750	7 800	5 700	8 150	6 050
3 × 120	43	48	50	54	8 000	5 450	8 350	5 800	9 400	6 900	9 750	7 250
3 × 150	47	52	54	57	9 350	6 150	9 900	6 600	11 000	7 700	11 350	8 150
Cabluri cu secțiunea conductoarelor format sector												
3 × 25	18	21	23	27	1 700	1 250	1 850	1 400	2 300	1 850	2 500	2 050
3 × 35	20	23	25	30	2 200	1 450	2 300	1 650	2 800	2 150	3 000	2 350
3 × 50	22	26	28	31	2 700	1 750	2 900	1 950	3 450	2 500	3 700	2 750
3 × 70	25	29	31	35	3 550	2 250	3 800	2 500	4 400	3 100	4 650	3 350
3 × 95	29	33	35	39	4 600	2 850	4 900	3 150	5 550	3 750	5 800	4 050
3 × 120	33	36	39	43	5 750	3 500	6 050	3 800	6 800	4 550	7 100	4 850
3 × 150	36	40	42	46	6 950	4 150	7 300	4 500	8 150	5 350	8 500	5 700

Tabela 2-24. Caracteristicile cablurilor cu izolație de cauciuc și manta de plumb

Numărul de conductoare și secțiunea nominală în mm²	Diametrul cablului, mm				Greutatea cablului, kg/km							
	CP ACP	CPI ACPI	CPB ACPB	CPBI ACPBI	CP	ACP	CPI	ACPI	CPB	ACPB	CPBI	ACPBI
2×1,5 2×2,5 2×4 2×6 2×10 2×16 2×25 2×35 2×50	10,5	13,1	15,0	17,0	284	—	493	—	664	—	775	—
	11,5	13,9	15,8	17,8	327	301	558	532	741	715	856	830
	13	14,7	16,6	18,6	383	333	625	575	817	767	938	888
	14	15,7	17,6	19,6	450	376	716	642	921	847	1048	974
	16,5	20,3	23,0	25,0	870	750	1071	950	1486	1366	1650	1530
	18,5	22,3	25,0	27,0	1080	880	1302	1102	1752	1552	1928	1728
	21,9	25,7	28,4	29,5	1434	1124	1695	1385	2210	1900	2399	2089
	24,5	29,3	32,0	35,0	1832	1358	2203	1729	2816	2342	3110	2636
	28,7	33,5	36,2	39,2	2473	1869	2839	2295	2603	2999	3929	3325
	3×1,5 3×2,5 3×4 3×6 3×10 3×16 3×25 3×35 3×50	9,8	13,6	15,5	17,5	412	—	541	—	722	—	882
10,7		14,5	16,4	18,4	480	441	619	580	812	773	930	891
11,5		15,3	17,2	19,2	556	481	704	629	907	832	1029	954
12,6		16,4	18,3	20,3	659	548	818	707	1038	921	1164	1053
17,6		21,4	24,1	26,1	1037	857	1250	1070	1652	1472	1835	1655
19,7		23,5	26,2	28,2	1311	1011	1546	1246	2028	1728	2162	1862
23,6		28,4	31,1	34,1	1867	1402	2225	1760	2835	2360	3107	2642
26,1		30,9	33,6	36,6	2281	1570	2671	1961	3324	2613	3260	2919
30,9		35,7	38,4	41,4	3224	2318	3680	2774	4435	3529	4475	3869
3×1,5+1×1,5 3×2,5+1×1,5 3×4+1×2,5 3×6+1×4 3×10+1×6 3×16+1×6 3×25+1×10 3×35+1×10 3×50+1×16		10,7	14,5	16,4	18,4	467	—	606	—	800	—	919
	11,7	15,5	17,4	19,4	565	—	706	—	902	—	1025	—
	12,6	16,4	18,3	20,3	636	548	795	707	1009	921	1142	1054
	13,8	17,6	20,3	22,3	759	553	931	755	1239	1117	1434	1258
	19,4	23,2	25,9	27,9	1159	972	1421	1204	1895	1678	2071	1854
	21,8	25,6	28,3	30,3	1480	1143	1737	1400	2262	1925	2460	2123
	26,1	30,9	33,6	36,6	2133	1598	2513	1988	3167	2642	3439	2914
	29,2	34,0	36,7	39,7	2863	2192	3397	2626	4122	3341	4442	3671
	34,2	39,0	41,7	44,7	3623	2617	4123	3117	4951	3945	5317	4311

Tabela 2-25. Caracteristicile cablurilor în manta de cauciuc, execuție grea, MCG
(După STAS 1236-56)

Secțiunea conductorului, mm ²		Greutatea cablului, kg/km			
de fază	neutru	cu un conductor	cu două conductoare	cu trei conductoare	cu patru conductoare
1,5	1,5	123	240	262	305
2,5	2,5	178	335	385	450
4	2,5	206	400	465	525
6	4	233	487	565	680
10	6	340	720	850	1 015
16	6	475	1 090	1 185	1 380
25	10	620	1 385	1 670	2 020
30	10	785	1 750	2 100	2 580
50	16	1 055	2 370	2 900	2 580
70	25	1 295	3 010	3 720	4 580

În tabela 2-26 sînt arătate cablurile pentru control, semnalizare, măsură și comandă și unele indicații specifice de utilizare, care se completează cu următoarele precizări:

— cablurile cu izolația de hîrtie se pot monta și pe trasee înclinate sau verticale, fără să se depășească însă diferența de nivel

Tabela 2-26. Cabluri pentru control, semnalizare, măsură și comandă

Simbolul (tipul) cablului	Execuția	Indicații de utilizare
---------------------------	----------	------------------------

Cabluri de control cu izolație de hîrtie, N.I. 909-60

CCHP CCHPI CCHPB CCHPBI	Similară cu a cablurilor: CHP CHPI CHPB CHPBI	Pentru conectarea aparatelor și dispozitivelor electrice din stațiile de comandă și de distribuție, cu tensiuni pînă la 500 V în c.a. sau 1000 V în c.c. Nu se pot folosi pentru circuite de măsură
----------------------------------	---	---

Cabluri de semnalizare cu izolație de hîrtie, N.I. 1005-61

HP CSHPI CSHPB CSHPBI	Similară cu a cablurilor: CHP CHPI CHPB CHPBI	Pentru instalații de semnalizare, de automatizare, de centralizare electro-dinamică a căilor ferate etc., care funcționează cu tensiuni de cel mult 250 V
--------------------------------	---	---

Tabela 2-26 (continuare)

Simbolul (tipul) cablului	Execuția	Indicații de utilizare
<i>Cabluri de semnalizare cu izolație și manta din PVC, N.I. 1008-61</i>		
CSYY CSYYB CSYYBI	Similară cu a cablurilor: CYY CYYB CYYBI sînt prevăzute cu o înfășurare de hîrtie în locul mantalei intermediare de PVC	Pentru instalații de semnalizare, de automatizare, de centralizare electro-dinamică a căilor ferate etc., care funcționează cu tensiuni de cel mult 250 V
<i>Cabluri de măsură și comandă, cu izolație și manta de PVC, N.I. 1009-61</i>		
CSYY CSYYB CSYYBI	Similară cu a cablurilor: CYY CYYB CYYBI sînt prevăzute cu o înfășurare de hîrtie în locul mantalei intermediare de PVC	Pentru instalații de măsură și comandă, în c.a. cu tensiuni pînă la 500 V și în c.c. cu tensiuni pînă la 1000 V

de 15 m la cablurile nearmate sau 25 m la cablurile armate; cele cu izolația de PVC se pot folosi în medii cu temperaturi cuprinse între -30 și $+40^{\circ}\text{C}$;

— indiferent de natura izolației sau a mantalei, dacă montarea cablurilor se face la temperaturi sub $+5^{\circ}\text{C}$, se impune încălzirea prealabilă a cablurilor.

D. MATERIALE PENTRU INSTALAȚII CU BARE NEIZOLATE ÎN EXECUȚIE PROTEJATĂ

În anumite situații apare avantajos ca pentru coloanele de alimentare (în cazul curenților care depășesc 400—500 A) și pentru instalațiile de distribuție (în cazul unor distribuții cu receptoare numeroase cu puteri unitare relativ mici, pînă la 30—40 kW) să se folosească instalații cu bare în execuție protejată. Astfel de instalații pot să conducă la soluții mai economice și mai avantajoase în exploatare față de soluțiile clasice cu cabluri sau cu conductoare și tuburi protectoare.

Echipamente corespunzătoare instalațiilor cu bare protejate se produc de întreprinderile Electro-Mureș și I.A.E.C. — București.

Elementele principale componente ale instalațiilor cu bare protejate tip Electro-Mureș sînt cele pentru coloanele de alimentare și cele pentru distribuție.

Elementele pentru coloanele de alimentare sînt următoarele:

- tronsoane cu bare de aluminu de 2 m lungime, cu secțiunea de 60×8 , 80×8 și 100×10 mm², pentru curenți, respectiv de 750, 1 350 și 1 500 A;

- cutii universale de $400 \times 400 \times 400$ mm pentru îmbinări, schimbări de direcție sau derivații;

- cutii de dilatație de $400 \times 400 \times 400$ mm pentru coloanele cu lungimi mai mari decît 20 m.

Elementele pentru distribuție sînt următoarele:

- tronsoane cu bare de oțel de 2 m lungime, cu secțiunea de 60×4 mm², pentru curenți pînă la 200 A;

- cutii universale de $300 \times 300 \times 300$ mm (cu aceleași utilizări ca în cazul coloanelor de alimentare);

- cutii de siguranțe de $300 \times 300 \times 300$ mm cu circuite tripolare de 25, 63 și 100 A.

Elementele pentru coloane și pentru distribuție sînt prevăzute în execuție protejată (cu carcase din tablă de oțel).

E. TABLOURI DE DISTRIBUȚIE

1. Tablouri neprotejate (deschise). Acestea au gradul de protecție IP 00 sau IP 10, conform STAS 5325-62. Elementele componente ale acestor tablouri nu sînt protejate contra atingerilor, contra pătrunderilor corpurilor străine, a apei, sau contra loviturilor. Astfel de tablouri diferă între ele prin construcție și se instalează numai în încăperi de categoria EE (destinate echipamentelor electrice) fiind accesibile numai personalului autorizat pentru deservirea lor.

a. Tablouri pe plăci izolante. Plăcile acestor tablouri pot fi de marmură, cu dimensiunile conform STAS 2380-55 (tabela 2-27), de textolit sau de pertinax (cu grosimea de minimum 6 mm), sau din materiale plastice nehigroscopice, rezistente la solicitări termice și mecanice, precum și la acțiunea arcului electric.

Tabela 2-27. Dimensiunile plăcilor de marmură pentru tablouri de distribuție
(După STAS 2380-55)

Grosimea mm	Lungimea mm	Lățimea, mm												
20	150	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	200	150	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	250	150	200	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30 (20)	300	150	200	250	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	350	—	200	250	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	400	—	200	250	300	350	400	—	—	—	—	—	—	—
	450	—	200	250	300	350	400	—	—	—	—	—	—	—
	500	—	200	250	300	350	400	450	500	—	—	—	—	—
	550	—	200	250	300	350	400	450	500	—	—	—	—	—
	600	—	200	250	300	350	400	450	500	600	—	—	—	—
30 (20)	650	—	200	250	300	—	400	—	500	600	—	—	—	—
	700	—	200	250	300	—	400	—	500	600	700	—	—	—
30	750	—	200	250	300	—	400	—	500	600	700	—	—	—
	800	—	200	250	300	—	400	—	500	600	700	800	—	—
	850	—	200	250	300	—	400	—	500	600	700	800	—	—
	900	—	200	350	300	—	400	—	500	600	700	800	900	—
	950	—	200	250	300	—	400	—	500	600	700	800	900	—
	1 000	—	200	—	300	—	400	—	500	600	700	800	900	1 000
	1 100	—	—	—	300	—	400	—	500	600	700	800	900	1 000
	1 200	—	—	—	—	—	400	—	500	600	700	800	900	1 000
	1 300	—	—	—	—	—	400	—	500	600	700	800	900	1 000
	1 400	—	—	—	—	—	—	—	500	600	700	800	900	1 000
	1 500	—	—	—	—	—	—	—	—	600	700	800	900	1 000
	1 600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	700	800	900	1 000
	1 700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	700	800	900	1 000
	1 800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	700	800	950	1 000

b. *Tablouri pe stelaje sau panouri metalice, deschise sau cu acces la spate.* Astfel de tablouri se utilizează în distribuții cu tensiuni pînă la 500 V și intensități pînă la 1 500 A. Se confecționează din tablă de oțel, decapată, cu grosime de 2—3 mm. Elementele de structură (montanți, traverse, piese suport etc.) se realizează sub formă de profile din tablă ambuțizată.

În fig. 2-12 este arătată soluția constructivă de principiu a unui tablou metalic deschis, cu acces prin spate, produs de Întreprinderea de instalații—București (I.I.B.); se utilizează cu lățimea C de 600, 700, 800 sau 900 mm și adâncimea D de 600, 700, 800 sau 900 mm.

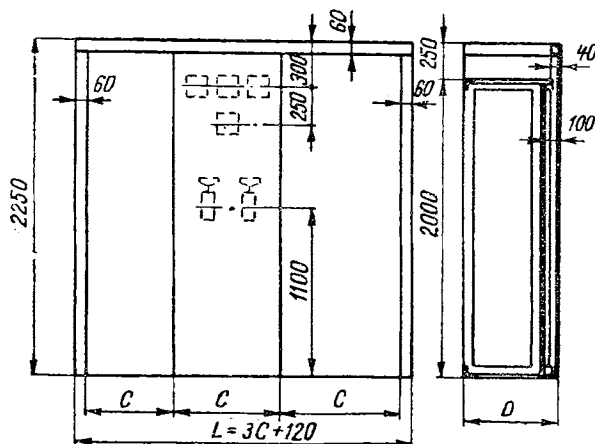


Fig. 2-12. Tabloul de distribuție, deschis, cu acces prin spate (produs I.I.B.).

În tabela 2-28 sînt indicate soluțiile uzuale de echipare a tablourilor I.I.B.

Tabela 2-28. Soluțiile uzuale de echipare a tablourilor deschise I.I.B. (v. fig. 2-12)

Specificația I	Cazul	Înterupător tripolar cu pîrghie de 200—350 A cu manetă de acționare	Înterupător tripolar cu pîrghie de 600—1000 A cu manetă de acționare	Siguranțe de 350 A	Siguranțe de 600 A
Panouri de 600 și 700 mm lățime	I	1		3	
	II		1		3
Panouri de 800 și 900 mm lățime	I	2		6	
	II		2		6

Tabela 2-28. (continuare)

Specificația II	Cazul	Înterupător automat DITA de 350 A	Înterupător automat DITA de 1 000 A	Separator de bare tripolar de 350 A	Separator de bare tripolar de 1 000 A	Siguranțe de 350 A	Siguranțe de 600 A
Panouri de 600, 700 și 800 mm lățime	I II III IV	1 1	 1 1	1	 1	3	 3
Panou de 900 mm lățime	I II III IV	2 2	 2 2	2	 2	 6	 6

2. **Tablouri protejate** (închise). Acestea au gradul de protecție IP 22, sau IP 33, conform STAS 5325-62.

Elementele componente ale acestor tablouri sînt protejate contra pătrunderii corpurilor cu dimensiuni mai mari decît 12,5 mm, respectiv decît 2,5 mm, contra picăturilor de apă și contra loviturilor.

a. *Tablouri pe plăci de marmură* (STAS 2380-55) sau din alte materiale izolante (textolit, pertinax etc.). Aceste tablouri se protejează în cutii sau dulapuri metalice sau de lemn, prevăzute cu uși cu cheie. Astfel de tablouri se montează și în firide prevăzute cu rame și uși metalice închise, prevăzute cu broaște speciale (de exemplu firidele de bransament, firidele de distribuție etc.).

b. *Tablouri metalice închise* (în dulapuri). Se folosesc curent două tipuri de astfel de tablouri.

Tablourile sertarobloc (fig. 2-13) se confecționează din tablă de oțel, cu un singur gabarit (700×850×2 300 mm), și se echipează în mod normal cu două tipuri de sertare; tipul A (un modul) și B, format mare (echivalent cu două module). În caz de necesitate tabloul poate fi prevăzut cu compartimente speciale tip C sau D. Înălțimea tabloului corespunde la 10 module (10 sertare tip A). Sertarele tip A și B sînt debroșabile; în ele se montează aparatul de comutație primară și secundară.

Tablourile tip sertarobloc se pot utiliza în instalațiile interioare, în încăperi anume destinate, sau în spații de producție cu tempe-

raturi de 15—30°C, cu umiditatea relativă maximă a aerului de 65% la +30°C, în medii fără agenți corosivi și fără pericol de incendiu sau explozie.

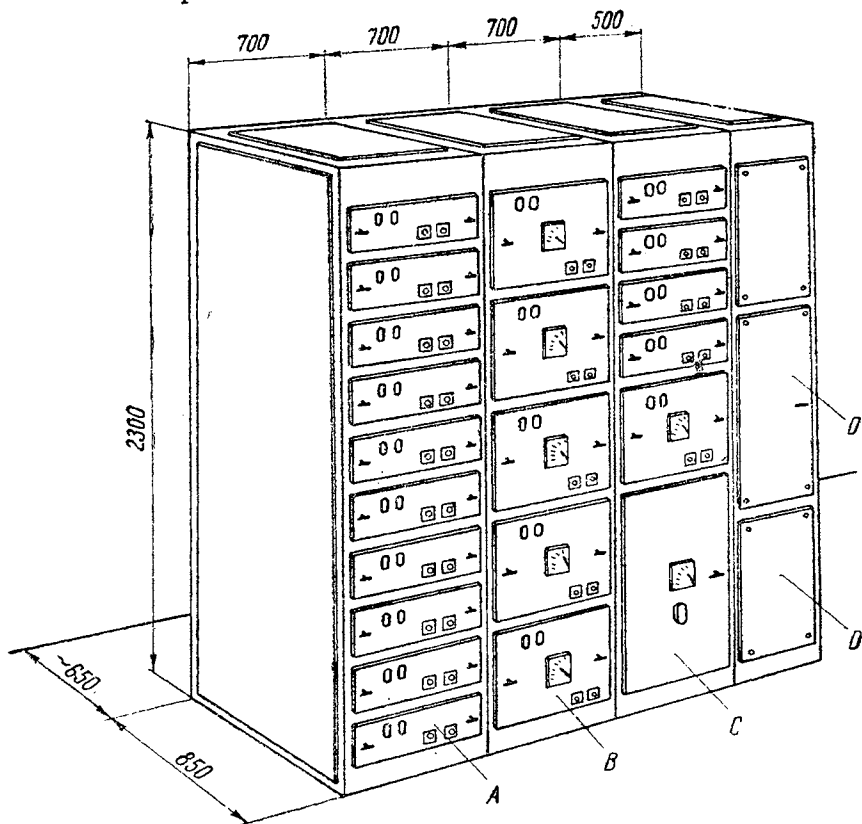


Fig. 2-13. Tablou de distribuție tip sertarobloc (produs I.I.B.).

În tabela 2-29 sînt indicate variantele de echipare a sertarelor tip A și B.

Tablourile standardbloc (fig. 2-14) se confecționează din tablă de oțel de 2 sau 3 mm grosime, în două mărimi, cu dimensiunile frontului de 600 sau de 1200 mm. Tablourile sînt prevăzute cu uși de acces în față și în spate; la partea superioară sînt prevăzute barele generale ale tabloului.

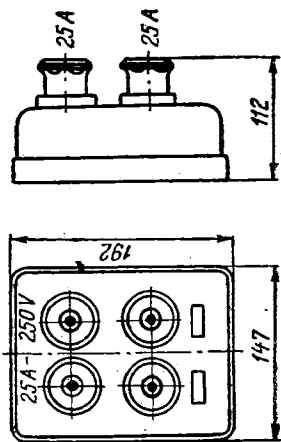


Fig. 2-15. Tablou de distribuție protejat tip C 2.

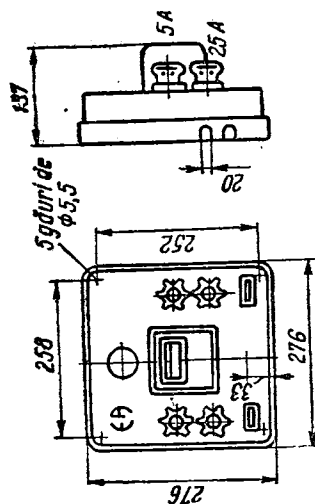


Fig. 2-16. Tablou de distribuție protejat tip 2 C (bloc electric de apartament).

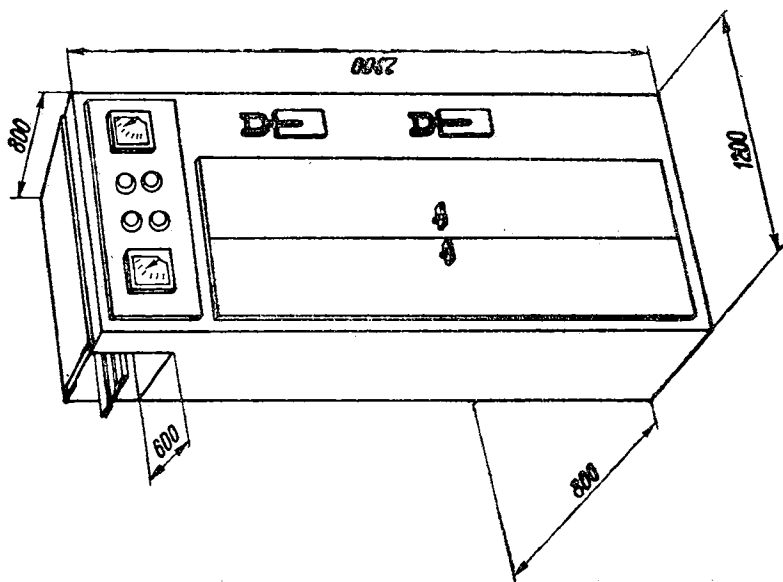


Fig. 2-14. Tablou de distribuție tip standardobloc (produs I.I.B.).

Tabela 2-29. Variantele de echipare a sertarelor tip **A** și **B** produse de I.I.B.
(v. fig. 2-13)

Tipul sertarului	Siguranțe în circuitul principal	Contactori	Transformator de intensitate	Bloc de relee termice	Lămpi de semnalizare	Butoane de acționare	Ampermetre	Siguranțe în circuitul de comandă
A (mic)	LF-25 A LF-60 A MPR-315 A	CT-10 10A CT-25 25A CT-25 25A	— — —	BRT-10A BRT-25A BRT-25A	LR LV,LR LV,LR	2 buc. BF6	— — —	Mignon 25A, cod 1:95
B (mare)	MPR-315 A	CT-63 63A	3 buc.	BRT-10A		Idem	1 buc.	Idem
	MPR-315 A	CT-100 100A						
	MPR-630	CT-100 100 A						
	MPR-630	CT-200 200A						

Notații: LR — lampă roșie; LV — lampă verde.

Tabloul cu frontul de 600 mm se poate echipa cu un circuit (de intrare sau de cuplă) pînă la 3 000 A, prevăzut cu separator, întrerupător automat și aparate de măsurat intensitatea, tensiunea și energia.

Tabloul cu frontul de 1 200 mm se poate echipa de 1—3 circuite trifazate pînă la 1 000 A, prevăzute cu separatoare, întrerupătoare automate sau manuale, siguranțe M.P.R. și aparate de măsurat energia și intensitatea.

Tablourile tip standard bloc se folosesc în aceleași condiții de mediu ca și tablourile tip sertar bloc.

c. *Tablouri protejate cu mască* (metalică sau din material plastic). Din această categorie fac parte tablourile tip C 2 (fig. 2-15) și cele bloc electric de apartament tip 2 C (fig. 2-16) și tip 3 C (fig. 2-17).

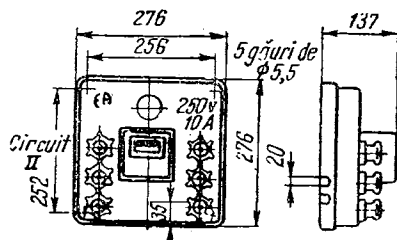


Fig. 2-17. Tablou de distribuție protejat tip 3 C (bloc electric de apartament).

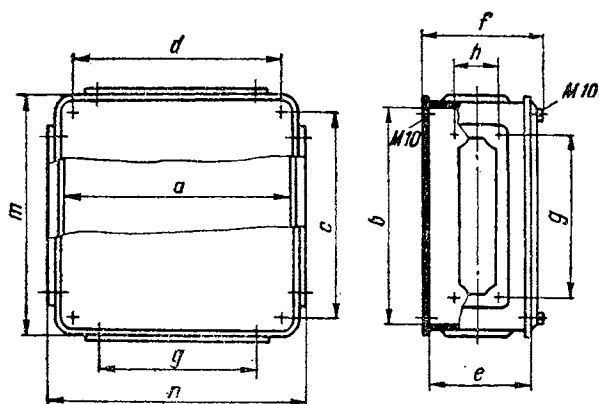


Fig. 2-18. Cutie de bare tip Electroaparataj.

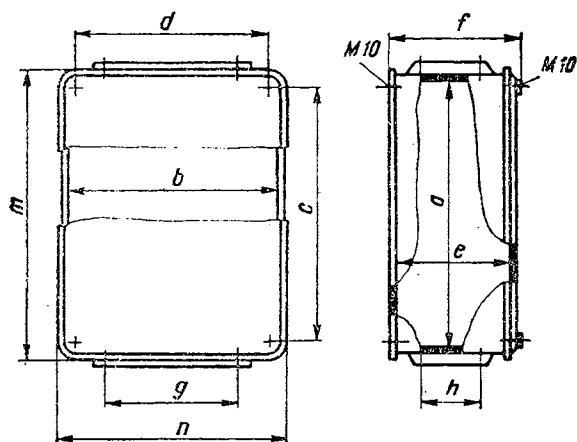


Fig. 2-19. Cutie de siguranțe sau întrerupătoare tip Electroaparataj.

Tipul 3 C se poate echipa cu 3—4 circuite monofazate de 25 A. Astfel de tablouri se folosesc numai în încăperi uscate.

3. Tablouri capsulate (etanșe). Gradele de protecție ale acestora pot fi IP 54, IP 55, IP 56, IP 65, IP 66 și IP 67, conform STAS 5325-62.

Elementele acestor tablouri sînt protejate contra atingerilor, contra pătrunderii corpurilor străine cu dimensiuni sub 1 mm, contra stropilor de apă (sub orice unghi) și contra deteriorărilor mecanice.

Se folosesc curenț două tipuri de tablouri capsulate, Electroaparataj și I.A.E.C. (Întreprinderea de aparate electrice în construcții).

a. *Tablouri din cutii capsulate tip Electroaparataj.* Acestea se realizează în două variante, unele pentru aparate pînă la 200 A și altele pînă la 630 A.

Cutiile capsulate confecționate din tablă de oțel au gradul de protecție IP 56 și sînt etanșate cu garnituri de cauciuc; se produc

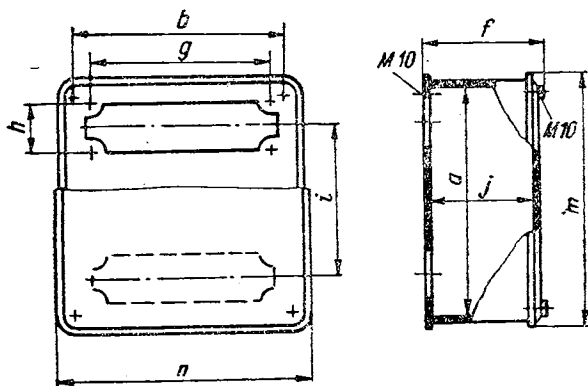


Fig. 2-20. Cutie intermediară tip Electroaparataj.

următoarele tipuri de astfel de cutii: cu bare (fig. 2-18), cu siguranțe sau întrerupătoare (fig. 2-19), intermediare — pentru legături în spate (fig. 2-20) și capete terminale (fig. 2-21).

În tabelele 2-30...2-35 sînt date dimensiunile și soluțiile de echipare ale cutiilor capsulate tip Electroaparataj.

Cotele a și b indicate la cutiile de bare și cele de siguranțe sînt valabile și pentru distanțele dintre axele găurilor din spatele cutiilor, pentru fixarea acestora pe stelaje metalice.

b. *Tablouri din cutii capsulate* tip I.A.E.C. Cutiile capsulate sînt confecționate din tablă de oțel de 2 mm grosime,

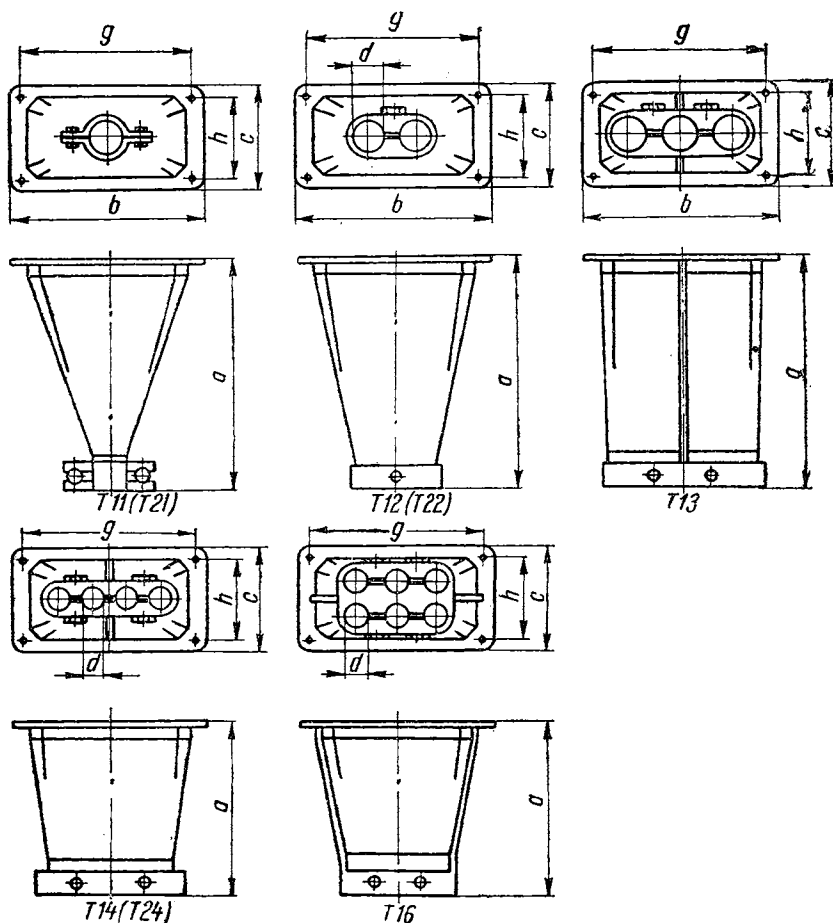


Fig. 2-21. Capete terminate tip Electroaparataj.

Tabela 2-30. Dimensiunile cutiilor de bare pentru distribuție capsulată tip Electroaparataj

Cota mm	Simbolurile cutiilor :			
	tip B 1		tip B 2	
	B 10	B 11	B 20	B 21
<i>a</i>	320	320	220	220
<i>b</i>	320	400	220	320
<i>c</i>	265	345	165	345
<i>d</i>	265	265	165	165
<i>e</i>	140	140	140	140
<i>f</i>	160	160	160	160
<i>g</i>	232	232	132	132
<i>h</i>	66	66	66	66
<i>m</i>	338	418	238	338
<i>n</i>	338	338	238	238
Greutatea cutiei goale, kg	12	14	9	10

Tabela 2-31. Soluțiile de echipare a cutiilor capsulate de bare tip Electroaparataj

Echiparea	Simbolurile cutiei				
	goale	echipate			
	00	B 10.00	B 11.00	B 20.00	B 21.00
Bare pentru 200 A-Al ϕ 12 mm	01	B 10.01	B 11.01	B 20.01	B 21.01
Bare pentru 400 A-Al ϕ 22 mm	02	B 10.02	B 11.02	—	—
Bare pentru 630 A-Al ϕ 22 mm	03	B 10.03	B 11.03	—	—

Exemplu de notare: B 10.03 cutie cu bare pentru 630 A

Tabela 2-32. Dimensiunile cutiilor intermediare pentru distribuție capsulată tip Electroaparataj

Cota mm	Simbolurile cutiilor		Cota mm	Simbolurile cutiilor		Cota mm	Simbolurile cutiilor	
	I 1	I 2		I 1	I 2		I 1	I 2
<i>a</i>	320	320	<i>j</i>	140	140	<i>h</i>	66	66
<i>b</i>	320	220	<i>f</i>	160	160	<i>m</i>	338	338
<i>i</i>	200	200	<i>g</i>	232	132	<i>n</i>	338	338
Greutatea, kg	12	9	Greutatea, kg	12	9	Greutatea, kg	12	9

Exemplu de notare: I 2.00 — cutie intermediară tip I 2 goală

Tabela 2-33. Dimensiunile cutiilor de siguranțe pentru distribuție capsulată tip Electroaparataj

Cota mm	Simbolurile cutiilor						
	S 10	S 11	S 12	S 13	S 21	S 22	S 23
<i>a</i>	400	400	320	220	320	220	120
<i>b</i>	320	320	320	320	220	220	220
<i>c</i>	345	345	265	165	265	165	65
<i>d</i>	265	265	265	265	165	165	165
<i>e</i>	200	140	140	140	140	140	140
<i>f</i>	220	160	160	160	160	160	160
<i>g</i>	232	232	232	232	132	132	132
<i>h</i>	66	66	66	66	66	66	66
<i>m</i>	418	418	338	238	338	238	138
<i>n</i>	336	336	336	336	236	236	236
Greutatea cutiei goale, kg	17	14	12	10	10	9	8

Tabela 2-34. Soluțiile de echipare a cutiilor capsulate de siguranțe tip Electroaparataj

Echiparea	Simbolurile cutiilor :							
	după conținut	de bază						
		S 10	S 11	S 12	S 13	S 21	S 22	S 23
Cutie goală	00	—	—	—	—	—	—	—
Circuite bipolare cu siguranțe LFi 25 A	01		6 (4)	4	3	4	3 (1)	1
Circuite bipolare cu siguranțe LFi 60 A	02		4	4	3	4	3	1
Automate monopolare	03					6		
Circuite bipolare cu siguranțe LFi 25 A								
Transformator de lumină 500 W, 24 V	04	2+1						
Circuite bipolare cu siguranțe LFi 25 A								
Transformator de lumină 300 M, 24 V	05	2+1						
Circuite tripolare cu siguranțe LFi 25 A	11		6 (4)	4 (3)	3	3	2 (1)	1

Tabela 2-34 (continuare)

Echiparea	Simbolurile cutiilor							
	după conținut	de bază						
		S 10	S 11	S 12	S 13	S 21	S 22	S 23
Circuite tripolare cu siguranțe LFi 60 A	12		4	3 (2)	2	3 (2)	1	1
Circuite tripolare cu siguranțe LFi 100 A	13		2	2(1)	1	1	—	—
Circuite tripolare cu siguranțe tubulare 60-315 A	18		1	1				
Circuite tripolare cu siguranțe tubulare 400-630 A	19	1						
Circuite tripolare cu siguranțe LFi 25 și 60 A	21		4+1 3+2	2+2	1+1	2+1	1+1	
Circuite tripolare cu siguranțe LFi 25 și 60 A			2+3 1+4	3+1		1+2		
Circuite tripolare cu siguranțe LFi 60 și 100 A	22		2+1 1+2	1+1				
Circuite tripolare cu siguranțe LFi 25 și 100 A	23		1+2 3+1	1+1				
Circuite tripolare cu siguranțe LFi 25 A/10 și întrerupătoare pachet tripolare 10 A	29		3+3			2+2		
Circuite tripolare cu siguranțe LFi 25 A/10 și întrerupătoare pachet bipolare 10 A	30		4+4			3+3		
Întrerupător pachet bipolar 25 A	31				1		1	
Întrerupător pachet bipolar 60 A	32				1		1	
Întrerupător pachet tripolar 25 A	33				1	1	1	
Întrerupător pachet tripolar 60 A	34				1	1	1	
Întrerupătoare pachet bipolare 25 A cu circuite bipolare cu siguranțe LFi 25 A	35		2+2	1+1		1+1		

Tabela 2-34 (continuare)

Echiparea	Simbolurile cutiilor						
	după conținut	de bază					
		S 10	S 11	S 12	S 13	S 21	S 22 S 23
Înterupătoare pachet bi- polare 60 A cu circuite bipolare cu siguranțe LFi 60 A	36		2+2	1+1		1+1	
Înterupătoare pachet tri- polare 25 A cu circuite tripolare cu siguranțe LFi 25 A	37		2+2	1+1		1+1	
Înterupătoare pachet tri- polare 60 A cu circui- te tripolare cu siguranțe LFi 60 A	38		2+2	1+1		1+1	
Înterupătoare tripolare 100 A	41		1	1		1	
Înterupătoare tripolare 100 A și circuite tripola- re cu siguranțe LFi 100 A	42						
Înterupătoare tripolare 200 A	43		1	1		1	
Înterupătoare tripolare 400 A	44	1					
Înterupătoare tripolare 630 A	45	1					
Ampermetru sau voltme- tru*)	51		2	1		1	
Ampermetru și voltmetru*)	53		1+1				
Voltmetru și comutator voltmetric cu două direc- ții (căi)*)	58		1+1				

*) Întreprinderea livrează tablouri capsulate cu cutii pentru aparate de măsurat, acestea din urmă trebuind să fie procurate de beneficiar.

Exemplu de notare: S 11. 21.3+2, cutie S 11 cu trei circuite tripolare de 25 A și două circuite tripolare de 60 A.

Tabela 2-35. Dimensiunile capetelor terminale pentru distribuție capsulată tip Electroaparataj

Cota, mm	T 11	T 12	T 13	T 14	T 16	T 21	T 22	T 24
<i>a</i>	220	220	220	220	220	220	220	220
<i>b</i>	246	246	246	246	246	146	146	146
<i>c</i>	86	86	86	86	113	86	86	100
<i>d</i> (diametrul)	68	54	50	34	28	48	38	28
<i>g</i>	232	232	232	232	232	132	132	132
<i>h</i>	66	66	66	66	66	66	66	66
Greutatea, kg	3	3	3	3	3	2	2	2
Numărul intrărilor	1	2	3	4	6	1	2	4
Secțiunea cablului în mm ²	240	185	150	25	10	95	25	10

Se produc cutii schimbabile (fig. 2-22) în tipurile și cu dimensiunile indicate în tabela 2-36; soluțiile de echipare a acestor cutii sînt date în tabela 2-37.

Tabela 2-36. Dimensiunile cutiilor capsulate interschimbabile tip I.A.E.C. pentru tablouri

Cota mm	C ₂ S	C ₂ S ₁	C ₂ S ₂	C ₂ S ₃	C ₁ S ₄	C ₁ S ₅	C ₂ S ₆	C ₄ S ₁	C ₄ S ₂	C ₁ S ₃
<i>a</i>	210	290	290	420	420	420	541	290	290	350
<i>b</i>	320	320	320	320	320	320	394	320	320	320
<i>c</i>	205	345	345	475	475	475	586	345	345	405
<i>d</i>	299	299	299	299	299	299	355	299	299	299
<i>e</i>	158	158	200	158	200	255	200	158	200	158
<i>f</i>	180	180	222	180	222	272	215	180	222	180
<i>g</i>	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235
<i>h</i>	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
<i>i</i>	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
<i>k</i>	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
<i>l</i>	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
<i>m</i>	340	340	340	340	340	340	411	340	340	340
<i>n</i>	300	380	380	510	510	510	621	380	380	440

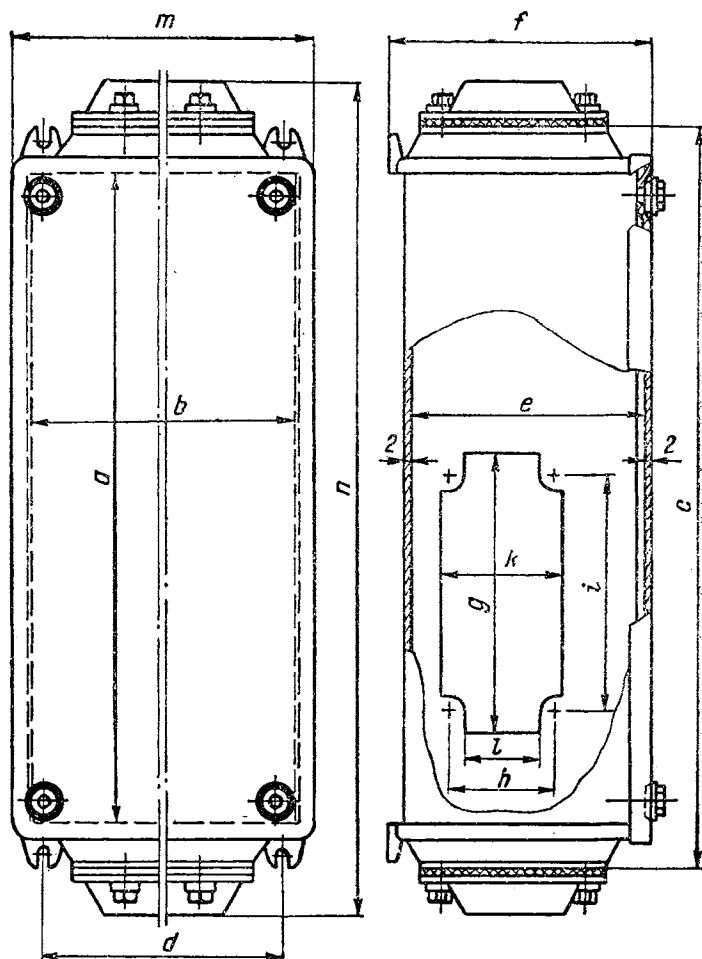


Fig. 2-22. Cutie interschimbabilă pentru tablouri capsulate (produs I.A.E.C.).

Tabela 2-37. Soluțiile de echipare ale cutiilor capsulate produse de I.A.E.C. pentru tablouri

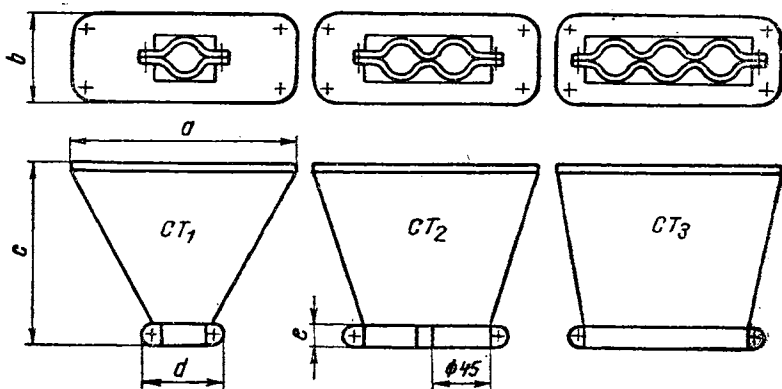
Conținutul cutiilor	Simbolurile cutiilor									
	C ₃ S	C ₂ S ₁	C ₃ S ₂	C ₂ S ₃	C ₂ S ₄	C ₂ S ₅	C ₂ S ₆	C ₂ S ₇	C ₂ S ₈	C ₂ S ₉
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Circ. II cu sig. LF _i 25 A	3	6		7				6		
Circ. II cu sig. LF _i 60 A	3	4		6				4		
Circ. III cu sig. LF _i 25 A	3	4		6				4		
Circ. III cu sig. LF _i 60 A	2	3		4				3		
Circ. III cu sig. LF _i 100 A	1			2						
Circ. III cu sig. tubulare 350 A				1						
Circ. III cu sig. tubulare 600 A							1			
Circ. III cu sig. LF _i 25 + 60 A	1+1	1+3 2+2		1+4 2+3				1+3 2+2		
Circ. III cu sig. LF _i 25 + 100 A		1+1		3+1				1+1		
Circ. III cu sig. LF _i 60 + 100 A		1+1		2+1				1+1		
Înterupător pachet II 10 A cu circ. II, sig. LF _i 25 A	2+2	2+3		4+5				2+3		
Înterupător pachet II 25 A cu circ. II, sig. LF _i 25 A	1+2	2+3		2+6				2+3		
Înterupător pachet II 60 A cu circ. II, sig. LF _i 60 A		1+2		2+3				1+2		
Înterupător pachet III 10 A cu circ. III, sig. LF _i 25 A	1+1	2+2		3+4				2+2		
Înterupător pachet III 25 A cu circ. III, sig. LF _i 25 A	1+1	2+2		2+4				2+2		
Înterupător pachet III 60 A cu circ. III, sig. LF _i 60 A		1+1		2+3				1+1		
Înterupător pachet III 10 A	3	6		6				6		
Înterupător pachet III 25 A	2	4		4				4		
Înterupător pachet III 60 A	1	2						2		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Înterupător pîrghie III cu acționare laterală 100 A	1								
Înterupător cu pîrghie III cu acționare laterală 200 A			1						
Înterupător pîrghie III cu acționare laterală 350 A			1						
Înterupător pîrghie III cu acționare laterală 600 A				1					
1 voltmetru, 1 comutator voltmetric și 1 circ. III sig. LFi 25 A		1						1	
Voltmetru sau ampermetru	1			2					
Ampermetru direct cu circ. III LFi 25 A		1+1						1+1	
Ampermetru direct cu circ. III LFi 60 A		1+1						1+1	
Ampermetru direct cu circ. III LFi 100 A				1+1					
Ampermetru indirect cu transformator de curent pînă la 600/5 A		1+1						1+1	
Transformator de curent pînă la 600/5 A	1	2		3				2	
1 transformator 100 VA, 2 circ. II sig. LFi 25 A și 1 înterupător pachet II 10 A		1						1	
Transformator 200—300—500 VA, 2 circ. II sig. LFi 25 A și 1 înterupător pachet II 10 A					1				
Transformator 200—300—500 VA, 2 circ. I sig. LFi 25 A și 1 înterupător pachet II 10 A			1						1
Transformator 100 VA, 4 circ. II sig. LFi 25 A și 1 înterupător pachet II 10 A				1					

*) Comandă specială (nu este indicată în tabela 2-36)

Notă: Circ. II — circuit mono sau bifazat; circ. III — circuit trifazat.

cu pereții frontali din aluminiu (la cutia C_2S_6 pereții frontali sînt din oțel), cu gradul de protecție IP 56 (STAS 5325-62), și se îmbină cu garnituri de cauciuc.



Cotele, mm	a	b	c	d	e
CT_1	255	125	240	100	40
CT_2	255	125	240	145	40
CT_3	255	125	240	200	40

Fig. 2-23. Capete terminale pentru tablouri capsulate (produse I.A.E.C.).

Barele se montează numai în cutii tip C_4S_3 .

Capetele terminale produse de I.A.E.C. pentru distribuții capsulate se realizează în variantele cu caracteristicile indicate în fig. 2-23.

F. LĂMPI ELECTRICE ȘI CORPURI DE ILUMINAT

1. Lămpi electrice.

a. *Lămpi electrice cu incandescență.* Lămpile electrice cu incandescență de uz general se fabrică pentru tensiunile de 120 și 220 V cu puteri cuprinse între 15 și 1 000 W (fig. 2-24 și tabela 2-38).

Tabela 2-38. Dimensiunile lămpilor electrice cu incandescență pentru uz general (v. fig. 2-24)

Puterea nominală W	Diametrul D al balonului mm max.	Lungimea L a lămpii mm max.	Înălțimea H a centrului luminos, mm		Tipul soclului STAS 555-53 STAS 3914-53
			min.	max.	
15	61	112	—	83	E 27 sau B 22
25	61	112	—	83	
40	61	112	—	83	
60	66	117	—	88	
75	71	117	—	93	
100	76	130	—	103	
150	81	150	90	103	
200	91	160	104	116	
300	111,5	240	158	172	E 40
500	131,5	275	184	198	
1 000	151,5	309	228	238	

Execuția S fiind cea normală, în calculele iluminărilor se recomandă să se ia în considerare valorile fluxului luminos corespunzătoare acestei execuții. Valorile fluxului indicate în tabela 2-39 corespund lămpilor cu balon din sticlă clară. Pentru alte tipuri de baloane, valorile fluxului luminos se determină folosindu-se coeficienții de corecție ce urmează:

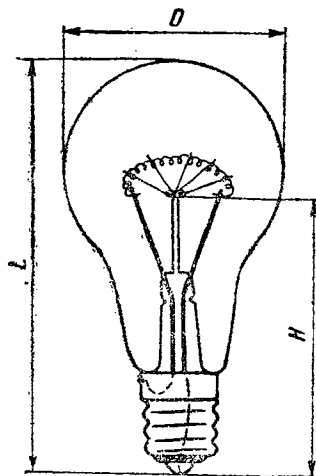


Fig. 2-24. Lampă cu incandescență.

- pentru balon din sticlă mată la interior 0,96;
- idem, la exterior 0,94;
- pentru balon din sticlă opală 0,81;
- idem, „solar” 0,56.

Durata de funcționare a lămpilor cu incandescență de uz general este de 1 000 de ore.

Lămpile electrice cu incandescență cu tensiune redusă se fabrică în același format ca și lămpile de uz general și au aceeași durată de funcționare (1 000 ore). Caracteristicile acestor lămpi sînt date în tabela 2-40.

Tabela 2-39. Valori fluxurilor luminoase ale lămpilor electrice cu incandescență echipate cu spirală simplă (sau dublă)

Puterea nominală	Tensiunea nominală							
	120 V				220 V			
	Execuție O		Execuție S		Execuție O		Execuție S	
	Fluxul luminos minim, lm:							
W	nominal	inițial	nominal	inițial	nominal	inițial	nominal	inițial
15	120	110	—	93 % din valoarea fluxului luminos nominal	105	80,5	—	93 % din valoarea fluxului luminos nominal
25	217	204	220		190	158,5	220	
40	372	305	435		312	272	350	
	(412)	(338)	(495)		(386)	(336)	(415)	
60	623	548	760		517	432	630	
	(660)	(580)	(830)		(610)	(510)	(715)	
75	840	750	1 000		690	590	850	
	(960)	(840)	(1 080)		(810)	(680)	(950)	
100	1 210	1 095	1 400		1 040	870	1 250	
	(1 300)	(1 190)	(1 560)		(1 180)	(960)	(1 350)	
150	2 020	1 995	2 320	1 770	1 530	2 090		
200	2 880	2 660	3 250	2 540	2 210	2 920		
300	4 680	4 280	5 000	4 270	3 620	4 610		
500	8 003	7 555	8 800	7 350	6 630	8 300		
1 000	17 700	16 200	18 800	16 700	14 940	18 600		

Notă. Valorile dintre paranteze se referă la lămpile cu filament dublu spiralat. În calculul iluminatului se ia fluxul inițial.

Lămpile electrice cu incandescență pentru semnalizare se fabrică în formatele:

— mic, cu soclu E 10 pentru tensiunile de: 2; 2,2; 2,5; 3,5; 3,8; 4; 6; 6,3; 8; 12; 18 și 26 V, cu globuri de forme diferite;

— mijlociu și mare, cu socluri E 14 și respectiv E 27, pentru tensiunile de: 6; 12; 24; 26; 32; 42 și 65 V cu puteri de 5; 10; 15; 25 și 30 W și pentru tensiunile de: 42; 65; 120; 130; 220; 230 și 250 V cu puteri de 15 și 25 W.

b. *Lămpi fluorescente*. Lămpile fluorescente tubulare cu vapor de mercur de joasă presiune, cu simbolul LF, se produc de tipul cu catod preîncălzit, funcționând în curent alternativ, asociate cu aparate auxiliare de preconnectare, în variantele:

A — cu balast și aprindere cu starter;

R — cu balast și aprindere fără starter.

Lampa de 14 W se produce numai în varianta A cu aprindere prin starter tip SLB-20 asociat cu balast special tip BIA 14.

**Tabela 2-40. Caracteristicile lămpilor electrice de tensiune redusă
de format normal**

Tensiunea V	Puterea W	Eficacitatea luminoasă lm/W	Dimensiuni, mm			Soclu
			D_{max}	L_{max}	H_{max}	
12	15	9,8				
	25	9,8	61	112	83	E 27
	40	10,6				
	60	10,8	65	117	86	B 22
24	15	9,8				
	25	9,8	61	112	83	E 27
	40	10,6				B 22
	60	10,8	65	117	80	
	100	11,7	75	150	103	
32	15	9,8				
	25	9,8	61	112	83	E 27
	40	10,6				B 22
	60	10,8	65	117	88	
	100	11,7	75	130	103	
42	15	9,6				
	25	9,6	61	112	83	E 27
	40	10,4				B 22
	60	10,6	65	117	88	
	100	11,6	75	130	103	
65	15	9,6				
	25	9,6	61	112	83	E 27
	40	10,4				B 22
	60	10,6	65	117	88	
	100	11,6	75	130	103	

Tabela 2-41. Simbolurile și caracteristicile colorimetrice ale lămpilor fluorescente tubulare (După STAS 6824-63, N.I. și catalogul I.I.S. Electrofar)

Culoarea nominală	Simbolul		Temperatura de culoare	Puterea W	Coordonatele tricromatice	
	după C.E.I.	după STAS 6824-63			x	y
Alb lumina zilei	ED	1	6 500	14, 20 și 40 65	0,309 0,307	0,327 0,330
Alb lumina zilei corectat	EE	1 X	6 500	14, 20 și 40 65	0,314 0,313	0,324 0,326
Alb	CC	2	4 300	14, 20 și 40 65	0,368 0,367	0,371 0,373
Alb superior*)	CD	2 X	3 800	14, 20 și 40 65 40**)	0,384 0,383 0,385	0,368 0,371 0,367
Alb cald	BI	3	3 000	14, 20 și 40 65	0,435 0,433	0,401 0,403
Alb cald superior	CB	3 X	2 900	14, 20 și 40 65	0,439 0,438	0,400 0,403

*) Indicația *superior* este echivalentă cu noțiunea *de lux* din publicația Comisiei Electrotehnice Internaționale (C.E.I.) nr. 81/1961.

**) Pentru lămpi LFR.

Simbolurile și caracteristicile colorimetrice ale lămpilor fluorescente tubulare sînt indicate în tabela 2-41.

Lămpile 1 X, 2 X și 3 X au eficacitatea luminoasă mai redusă, sînt însă potrivite pentru redarea corespunzătoare a culorilor.

Exemple de simbolizare:

- LFA 40/3 X — lampă cu aprindere cu starter, de 40 W, culoarea alb cald superior;
- LFR 65/1 X — lampă cu aprindere fără starter, de 65 W, culoarea alb lumina zilei corectat.

Aprinderea lămpilor tubulare este asigurată în intervalele de temperatură:

- + 5... +50°C pentru tipul LFA;
- 15... +50°C pentru tipul LFR.

Caracteristicile electrice și fotometrice ale lămpilor fluorescente tubulare sînt indicate în tabela 2-42.

Tabela 2-42. Caracteristicile electrice și fotometrice ale lămpilor fluorescente tubulare cu durată nominală de 5 000 ore (După STAS 6824-63 și N. I. Electrofar)

Tipul lămpii	Puterea nominală W	Curentul prin lămpă A	Tensiunea de arc inițială pe lămpă V	Tensiunea minimă de aprindere la 50 Hz*) V	Timpul maxim de aprindere**) s	Fluxul luminos lm		
						nominal	inițial minim***)	după 2 000 ore de funcționare
LFA 14/1	14	0,39	39 ± 6	198	60	475	435	340
LFA 20/1	20	0,37	57 ± 7	198	60	900	810	610
LFA 40/1	40	0,43	103 ± 10	198	60	2 300	2 070	1 550
LFA 65/1	65	0,67	110 ± 10	198	60	3 600	3 240	2 430
LFR 40/1	40	0,43	103 ± 10	205	10	2 200	1 400	1 480
LFA 14/1 X	14	0,39	39 ± 6	198	60	430	400	300
LFA 20/1 X	20	0,37	57 ± 7	198	60	820	740	550
LFA 40/1 X	40	0,43	103 ± 10	198	60	2 130	1 910	1 430
LFA 65/1 X	65	0,67	110 ± 10	198	60	3 300	2 970	2 230
LFR 40/1 X	40	0,43	103 ± 10	205	10	2 000	1 500	1 350
LFA 14/2	14	0,39	39 ± 6	198	60	580	530	400
LFA 20/2	20	0,37	57 ± 7	193	60	1 050	972	730
LFA 40/2	40	0,43	103 ± 10	198	60	2 800	2 520	1 890
LFA 65/2	65	0,67	110 ± 10	198	60	4 400	3 960	2 970
LFR 40/2	40	0,43	103 ± 10	205	10	2 650	2 390	1 790
LFA 14/2 X	14	0,39	39 ± 6	198	60	360	330	250
LFA 20/2 X	20	0,37	57 ± 7	198	60	700	630	470
LFA 40/2 X	40	0,43	103 ± 10	198	60	1 750	1 570	1 180
LFA 65/2 X	65	0,67	110 ± 10	198	60	2 800	2 520	1 890
LFR 40/2 X	40	0,43	103 ± 10	205	10	1 680	1 510	1 130
LFA 14/3	14	0,39	39 ± 6	198	60	590	540	410
LFA 20/3	20	0,37	57 ± 7	198	60	1 080	972	730
LFA 40/3	40	0,43	103 ± 10	198	60	2 800	2 520	1 890
LFA 65/3	65	0,67	110 ± 10	198	60	4 400	3 960	2 970
LFR 40/3	40	0,43	113 ± 10	205	10	2 650	2 390	1 790
LFA 14/3 X	14	0,39	39 ± 6	198	60	390	350	260
LFA 20/3 X	20	0,37	67 ± 7	198	60	750	680	510
LFA 40/3 X	40	0,43	103 ± 10	198	60	1 880	1 690	1 270
LFA 65/3 X	65	0,67	110 ± 10	198	60	3 000	2 700	2 030
LFR 40/3 X	40	0,43	113 ± 10	205	10	1 780	1 600	1 200

*) A rețelei (a nu se confunda cu vârful de tensiune furnizat cu ajutorul balastului).

**) La încercare.

***) După 100 ore de funcționare; aceste valori se iau în calculul iluminatului.

În fig. 2-25 și tabela 2-43 sînt indicate dimensiunile de gabarit ale lămpilor tubulare.

Accesoriile lămpilor fluorescente tubulare (dulii, balasturi și startere) sînt arătate în tabelele 2-44, 2-45 și fig. 2-26, 2-27 și 2-28.

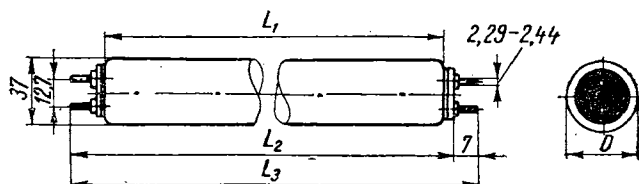


Fig. 2-25. Lampă fluorescentă tubulară.

Tabela 2-43. Dimensiunile de gabarit, în mm, ale lămpilor fluorescente tubulare (v. fig. 2-25)

Puterea nominală W	L_1	L_2		L_3	D
	max.	min.	max.	max.	max.
14	363,2	367,9	370,5	377,8	40,5
20	589,8	594,5	596,9	604,0	40,5
40	1 199,4	1 204,1	1 206,5	1 213,5	40,5
65	1 500,0	1 504,8	1 507,1	1 514,3	40,5

Lămpile fluorescente, format balon, cu vapori de mercur de înaltă presiune, simbol LVF, funcționează la tensiunea de 220 V — 50 Hz, asociate în serie cu balasturi corespunzătoare, simbol BVA, aprinderea făcându-se fără starter, la temperaturi mai mari decît -15°C .

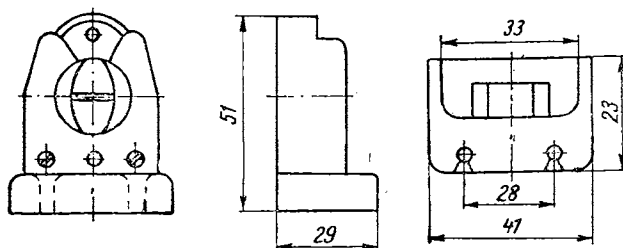


Fig. 2-26. Dulie pentru lămpi fluorescente tubulare.

Tabela 2-44. Caracteristicile balasturilor pentru lămpi fluorescente tubulare
(După STAS 6824-63, N.I. și catalog Electrofar)

Tipul	Dimensiuni, mm					$U_n^*)$ V	$f_n^*)$ Hz	$\cos \varphi$	Curentul absorbit, A		Pierdere max. de putere în de palast	Lămpi alimentate buc. X cod	Fig. 2-57	Greutatea aproximativă kg/duo.
	A	B	C	D	E				la preîncălzire	la funcționare				
Inductiv	BIA 14											1 × LFA 14		
	BIA 20	105	64	45	90	42	220	0,35	0,5	0,39	10,5	1 × LFA 20	II, a	0,95
	BIB 20	105	64	45	90	42	120	0,52	0,65	0,39	5,5	1 × LFA 20	II, a	0,90
	BIA 40	105	64	45	90	42	220	0,55	0,70	0,42	10,0	2 × LFA 20	II, b	0,95
Pentru prindere fără starter	BIA 65	150	64	45	135	42	220	0,50	0,70	0,44	10,5	1 × LFA 40	II, a	0,95
	BIA 65	150	64	45	135	42	220	0,5	1,10	0,69	14,0	1 × LFA 65	II, a	1,50
	BRA 50	240	64	45	225	42	220	0,95	0,47	0,25	16,0	1 × LFA 40	II, c	1,60
	BRB 50	150	64	45	125	42	220	0,95	0,47	0,25	16,0	1 × LFR 40	II, d	1,40

*) Tensiunea nominală și respectiv frecvența nominală a rețelei de alimentare.

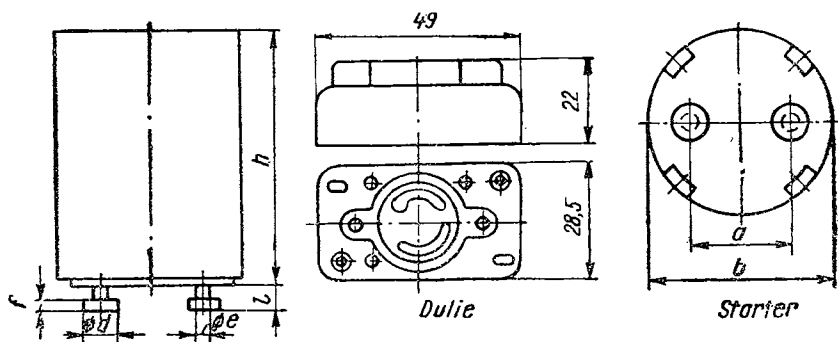
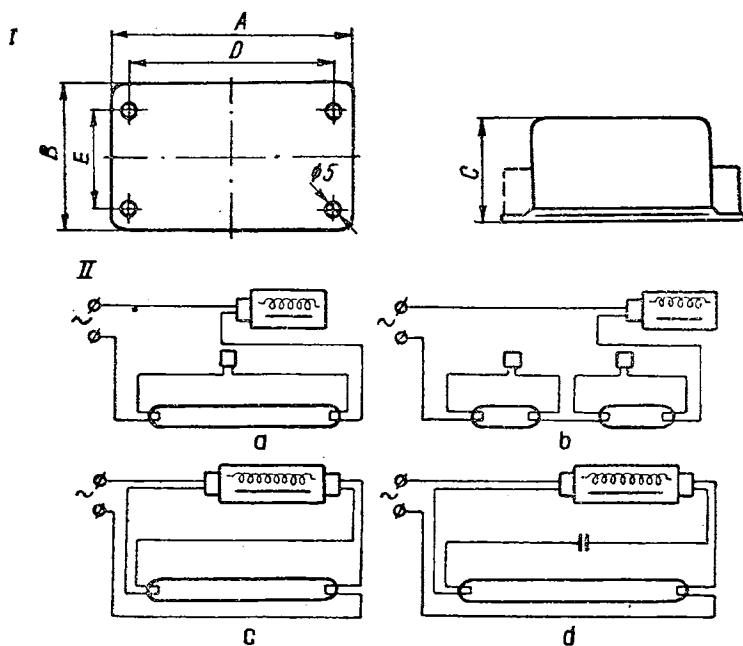


Tabela 2-45. Caracteristicile starterelor pentru lămpi fluorescente tubulare

Simbolul starterului	Pentru lămpi de tipul	Dimensiuni nominale, mm :						Tensiunea de funcționare V	Frecvența Hz	Greutate aproximativă g	
		a	b	d	e	h	l				f
SLB 20	LFA 14 LFA 20								75—95	50	11
SLA 40 SLA 65	LFA 40 LFA 65	12,7	21,5	4,8	3,0	34,5	4,0	2,0	140—180 150—180	50 50	11 11

Tabela 2-46. Caracteristicile lămpilor fluorescente format balon cu vapori de mercur de înaltă presiune. (După N. I. Electrofar (v. fig. 2-29)

Caracteristica	Tipul lămpii			
	LVF 80	LVF 125	LVF 250	LVF 400
Puterea nominală, W	80	125	250	400
Tensiunea nominală, V	220	220	220	220
Tensiunea minimă pentru funcționare stabilă, V	200	200	200	200
Fluxul luminos nominal, lm	3 050	5 500	11 750	20 000
Fluxul luminos inițial minim*), lm	2 590	4 675	9 985	17 000
Fluxul luminos după 2 000 ore funcționare, lm	2 200	3 970	8 500	14 500
Socul utilizat, tipul	E 27	E 27	E 40	E 40
Lungimea maximă l, mm	165	184	227	292
Diametrul maxim D al balonului, mm	81	91	91	122
Diametrul maxim d al gâtului balonului, mm	40	43	53	58

*) Aceste valori se iau în calculul iluminatului.

Forma și caracteristicile lămpilor LVF și ale balasturilor BVA sînt arătate în fig. 2-29, 2-30 și în tabelele 2-46 și 2-47.

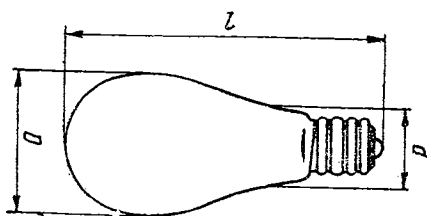


Fig. 2-29. Lampă LVF.

Tabela 2-47. Caracteristicile balasturilor pentru lămpile fluorescente cu vapori de mercur de înaltă presiune

Caracteristica	Tipul balastului			
	BVA 80	BVA 125	BVA 250	BVA 400
Tipul lămpii la care se asociază	LVF 80	LVF 125	LVF 250	LVF 400
Tensiunea nominală, V	220	220	220	220
Intensitatea curentului în rețea, A:				
— cu condensator	0,50	0,70	1,30	2,10
— fără condensator	0,80	1,15	2,05	3,15
Factorul de putere, cos φ :				
— cu condensator	0,80	0,90	0,95	0,90
— fără condensator	0,50	0,50	0,50	0,60
Capacitatea condensatorului conectat paralel cu ansamblul lampă-balast, F	6,3	10	20	25
Pierderi de putere pe balast, W	10	13	18	23
Dimensiunile, în mm, ale balastului (v. fig. 2-30):				
l	67	67	87	95
L	93	93	98	117
h	130	155	168	150
G	12	12	12	12
g	7	7	7	7
i	115	140	148	135
Greutatea balastului, kg	1,60	2,70	4,40	5,20

2. Corpuri de iluminat.

a. *Clasificare și caracteristici.* Corpurile de iluminat pot fi clasificate după următoarele criterii:

— după modul de repartizare spațială a fluxului luminos (tabela 48, fig. 2-31);

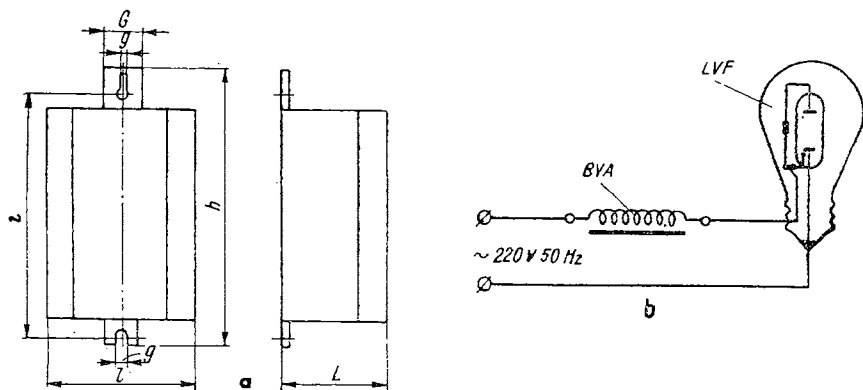


Fig. 2-30. Balast BVA:

a — desen de gabarit; b — schema de conectare a lămpii LVF.

— după valoarea unghiului α în care se emite fluxul luminos (fig. 2-32).

Principalele caracteristici ale corpurilor de iluminat utilizate în practica iluminatului sînt ilustrate prin:

— curbele de distribuție spațială a intensității luminoase, numite curbe fotometrice (fig. 2-33);

Tabela 2-48. Clasificarea corpurilor de iluminat după repartizarea spațială a fluxului luminos

Procentele din fluxul luminos Φ_c al corpurilor de iluminat, orientate:	Tipul corpului de iluminat, după repartizarea:				
	directă	semidirectă	mixtă	semiîndirectă	îndirectă
în sus $\Phi_s, \%$	0—10	10—40	40—60	60—90	90—100
în jos $\Phi_j, \%$	100—90	90—60	60—40	40—10	10—0

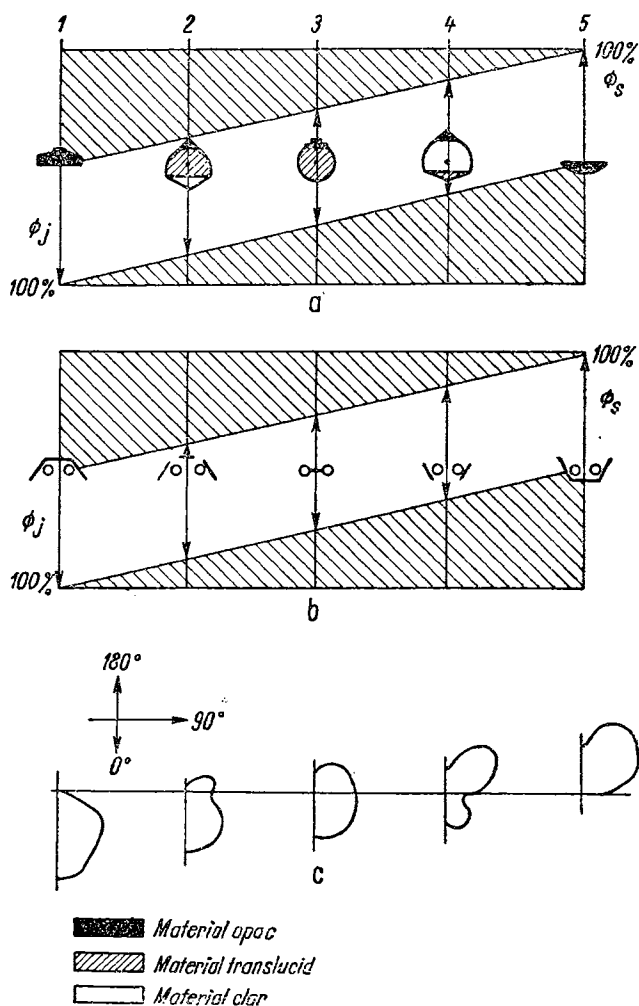


Fig. 2-31. Corpuri de iluminat clasificate după modurile de repartizare spațială a fluxului luminos (1—5):

a — pentru lămpi incandescente; b — pentru lămpi fluorescente; c — curbe fotometrice caracteristice; 1 — directă; 2 — semidirectă; 3 — mixtă; 4 — semiindirectă; 5 — indirectă.

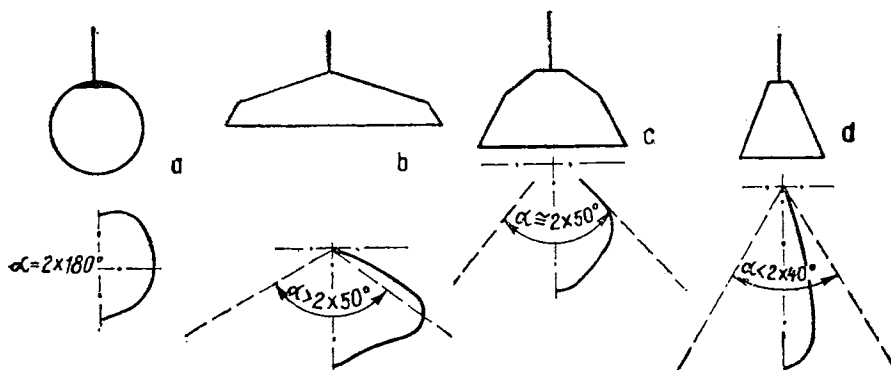


Fig. 2-32. Corpuri de iluminat clasificate după valoarea unghiului α în care se emite fluxul luminos, cu repartitia:
a — difuză; b — largă; c — mijlocie; d — concentrată.

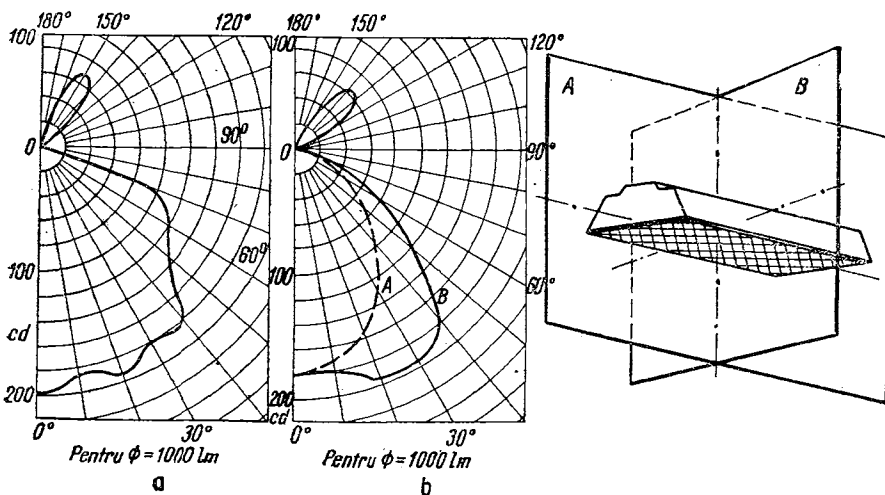


Fig. 2-33. Exemple de curbe fotometrice:
a — corp pentru lampă cu incandescentă; b — corp pentru lămpi fluorescente (pentru alte valori ale fluxului, valoarea intensității variază direct proporțional cu variația fluxului curbele A și B corespund celor două planuri de simetrie ale corpului de iluminat b).

— curbe de distribuție zonală a fluxului luminos (fig. 2-34).

Alte caracteristici ale corpurilor de iluminat care interesează în practica iluminatului sînt:

— unghiul de protecție ψ (fig. 2-35);

— randamentul R_c , care reprezintă raportul dintre fluxul luminos Φ_c emis de corp în timpul exploatării și fluxul Φ_L emis de sursa de lumină:

$$R_c = \frac{\Phi_c}{\Phi_L};$$

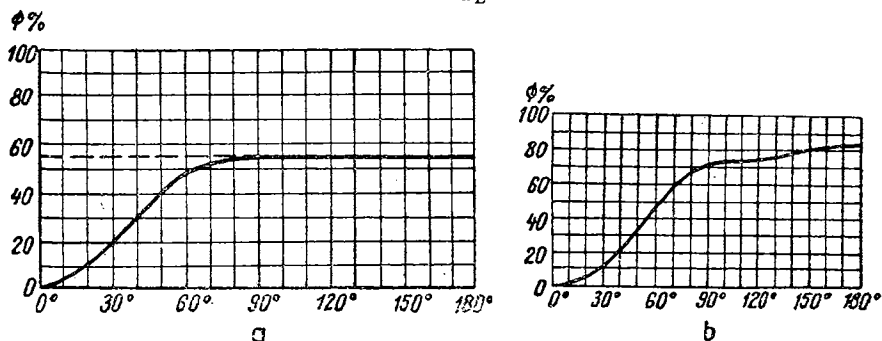


Fig. 2-34. Curbe de distribuție zonală a fluxului luminos:

a — corp de iluminat cu repartitie directă ($\Phi_s=0\%$; $\Phi_j=55\%$) cu $R=0,55$; b — corp cu repartitie semidirectă ($\Phi_s=12\%$; $\Phi_j=70\%$) cu $R=0,82$.

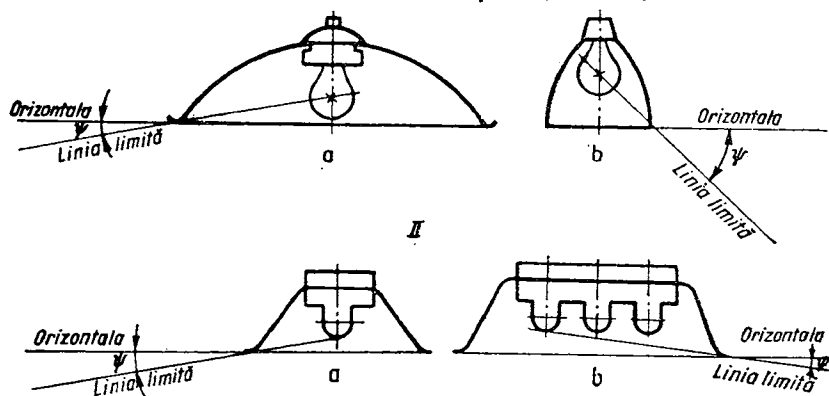


Fig. 2-35. Unghiul de protecție ψ al corpurilor de iluminat:

I — pentru lămpi cu incandescență (a — corp cu repartitie largă; b — corp cu repartitie strînsă); II — pentru lămpi cu fluorescență (a — corp cu o singură lampă; b — corp cu trei lămpi).

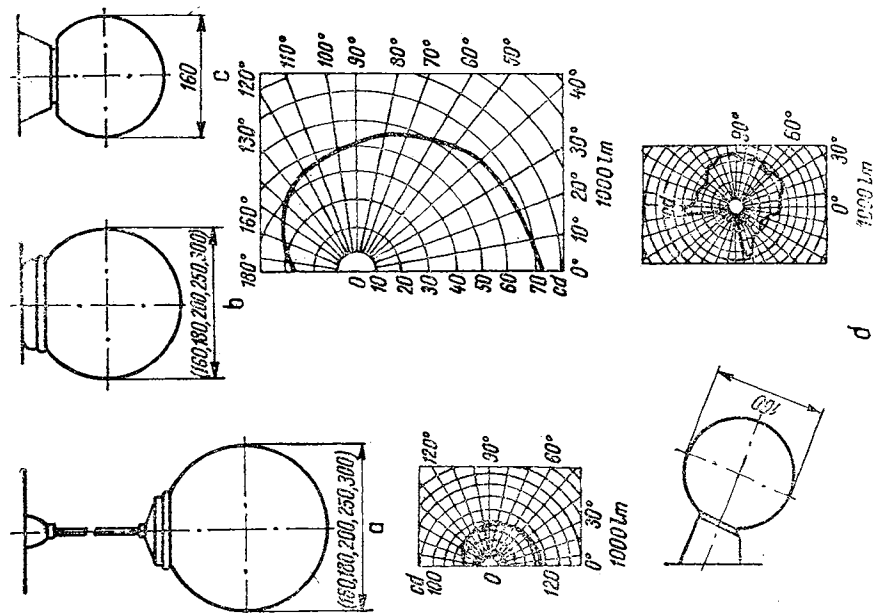


Fig. 2-36. Corpuri de iluminat cu glob sferic din sticlă opală și curbele fotometrice respective:
 a — tip pendul (pentru lămpi de 60, 75, 100, 150 și 200 W);
 b — tip plafonieră (pentru aceleași lămpi ca la a); c — tip aplică
 d — plafonieră (pentru lămpi până la 60 W); d' — idem, de perete (pentru lămpi până la 60 W).

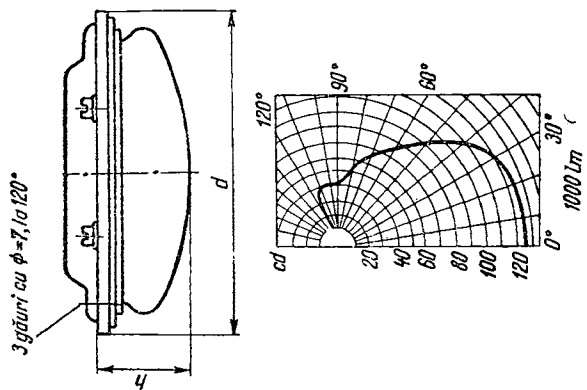


Fig. 2-37. Plafonieră tip CC-ELBA (curba fotometrică asimilată după catalog R.S.C.).

— factorul de depreciere $\Delta = \frac{\Phi_c}{\Phi_{ci}}$, în care Φ_{ci} este fluxul luminos inițial emis de corpul de iluminat.

b. Corpuri de iluminat pentru lămpi cu incandescență. Corpurile cu glob sferic din sticlă opală (fig. 2-36) sînt cu repartitie mixtă-difuză; se realizează în variantele (tipurile): pendul, plafonieră, aplică (de perete sau de plafon); au randamentul $R_c = 0,79$.

Plafonierele tip CC-Elba (fig. 2-37) sînt corpuri cu repartitie semidirectă, cu randamentul $R_c \approx 0,75$; se realizează în variantele:

— CC—357 — pentru două lămpi de max. 60 W, 250 V sau pentru o lampă de 25 W, 24 V; gabarit: $d=320$ mm și $h=105$ mm;

— CC—360 — pentru o lampă de max. 60 W, 250 V; gabarit: $d=290$ mm și $h=100$ mm;

— CC—361 — pentru trei lămpi de max. 60 W, 250 V, sau pentru o lampă de 25 W, 24 V; gabarit: $d=360$ mm, $h=110$ mm.

Corpurile deschise tip Mediaș (fig. 2-38) sînt cu repartitie directă a fluxului luminos; se produc în două mărimi:

— cu diametrul reflectorului de 250 mm, putînd primi lămpi pînă la 150 W;

— cu diametrul reflectorului de 350 mm, pentru lămpi de 200 W.

Unghiul de protecție al acestor corpuri este $\psi=30^\circ$, iar randamentul $R_c=0,75$.

Corpurile impermeabile (fig. 2-39) sînt cu distribuția semidirectă a fluxului luminos, echipate cu glob de sticlă, putînd primi lămpi

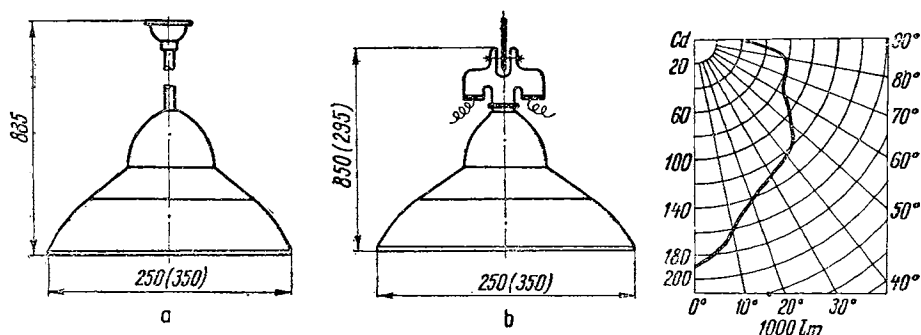


Fig. 2-38. Corpuri deschise tip Mediaș:

a — tip pendul; b — tip plafonieră.

pînă la 200 W. Sînt produse în trei variante constructive: pentru atîrnat, cu tijă (pentru montare etanșă) și cu braț (se folosesc și pentru iluminatul exterior); randamentul $R_c = 0,6 \dots 0,7$.

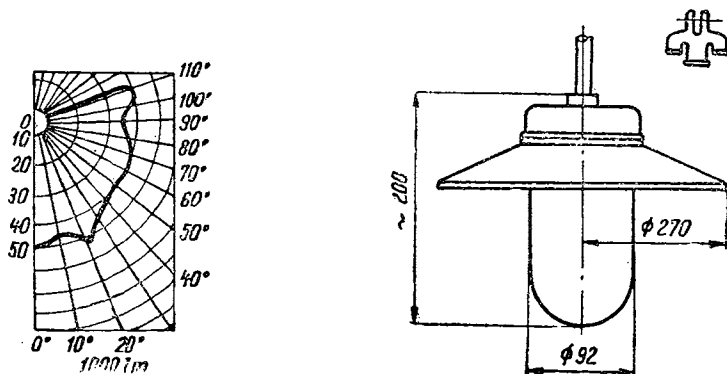


Fig. 2-39. Corp de iluminat impermeabil E100 (STAS 803-55) pentru lămpi pînă la 100 W (curba fotometrică asimilată după catalog R.S.C.).

Corpurile etanșe — Badt (fig. 2-40 și 2-41) au caracteristici fotometrice asemănătoare cu cele ale corpurilor impermeabile: $R_c = 0,6 \dots 0,7$. Se produc corpuri pentru montat pe perete, pe plafon, sau pentru suspendat cu tijă în montaj etanș.

c. *Corpurile de iluminat pentru lămpi fluorescente tubulare*. Acestea se fabrică în diferite tipuri.

Tipul industrial, simbol CI, execuție deschisă, protecție IP 20, se fabrică în varianta cu distribuție directă a fluxului luminos cu reflector neperforat (seria CIA) sau în varianta cu distribuția indirectă a fluxului luminos cu reflector perforat (seria CIB); au randamentul $R_c = 0,79 \dots 0,87$ și se pot echipa cu 1—4 lămpi de 40 W sau cu 1—3 lămpi de 65 W.

Grătarele dispersoare pentru corpurile CI au simbolul CIC pentru corpurile din seria CIA și respectiv CID pentru cele din seria CIB; prin introducerea grătarului, randamentul scade la 0,67—0,68.

Corpurile CI sînt destinate instalațiilor industriale, în medii fără agresivitate chimică, fără pericol de incendiu sau explozie, cu o umiditate maximă de 65%, la presiunea atmosferică normală și temperaturi cuprinse între +5 și +35°C.

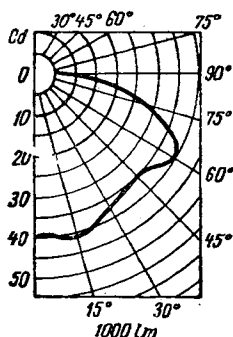
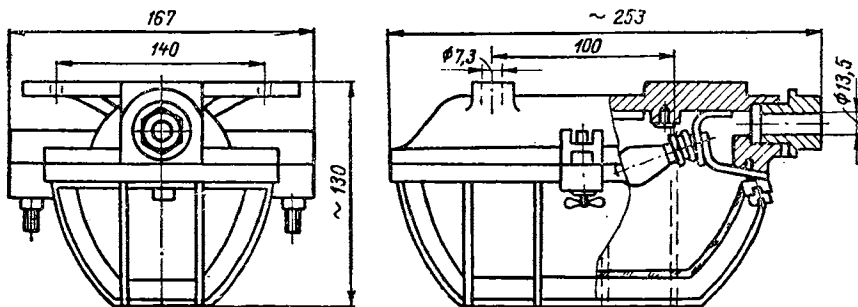


Fig. 2-40. Corp etanș — Badt, tip AO-N-967, pentru o lampă de maximum 60 W/250 V; montaj la perete sau la plafon (curba fotometrică este asimilată după catalogul R.S.C.).

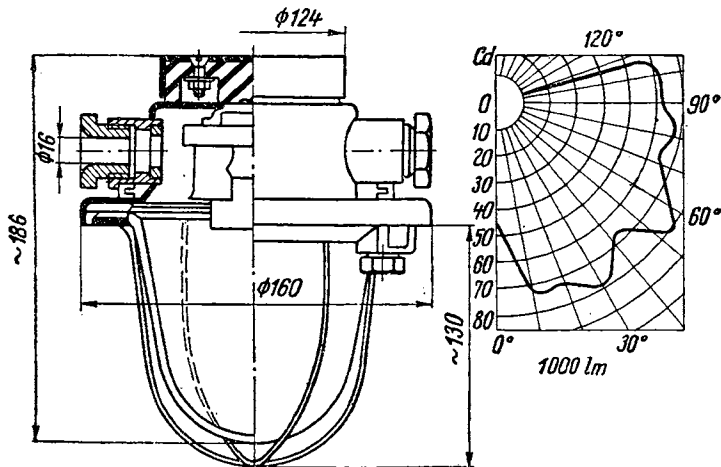


Fig. 2-41. Corp etanș — Badt, tip N-328, pentru o lampă de maximum 100 W, montaj la plafon (curba fotometrică asimilată după catalog R.S.C.).

În tabelele 2-49, 2-50 și 2-51 și fig. 2-42 și 2-43 sînt indicate caracteristicile și dimensiunile corpurilor de iluminat și ale grătarelor dispersoare tip CI.

Curbele de distribuție zonală a fluxului luminos și cele fotometrice ale acestor corpuri sînt date în fig. 2-44.

Tipul protejat, simbol CP, execuție specială etanșă, protecție IP 54, se fabrică în varianta fără reflector cu distribuția mixtă a fluxului luminos (seria CPA), sau cu reflector cu distribuția directă

Tabela 2-49. Caracteristicile corpurilor de iluminat tip CI

Corpul	Numărul și tipurile de lămpi	Echiparea corpului (buc. $\times$ tipul):			Conectarea condensatoarelor	Curen- tul no- minal I_n A	Factorul de pu- ere no- minal $\cos \varphi_n$
		Startere	Balasturi	Condensa- toare (buc. $\times$ μ F)			
CI 140	1 $\times$ LFA 40	1 $\times$ SLA 40	1 $\times$ BIA 40	Fără 1 $\times$ 4	— Paralel	0,44 0,25	0,50 0,90
CI 240	2 $\times$ LFA 40	2 $\times$ SLA 40	2 $\times$ BIA 40	Fără 2 $\times$ 4 1 $\times$ 3,8	— Paralel Serie	0,88 0,50 0,47	0,50 0,90 0,95
CI 340	3 $\times$ LFA 40	3 $\times$ SLA 40	3 $\times$ BIA 40	Fără 3 $\times$ 4 1 $\times$ 3,8	— Paralel Serie	1,32 0,85 0,78	0,50 0,78 0,85
CI 440	4 $\times$ LFA 40	4 $\times$ SLA 40	4 $\times$ BIA 40	Fără 4 $\times$ 4 2 $\times$ 3,8	— Paralel Serie	1,76 1,25 0,94	0,50 0,70 0,95
CI 165	1 $\times$ LFA 65	1 $\times$ SLA 65	1 $\times$ BIA 65	Fără 1 $\times$ 4	— Paralel	0,69 0,45	0,50 0,78
CI 265	2 $\times$ LFA 65	2 $\times$ SLA 65	2 $\times$ BIA 65	Fără 2 $\times$ 4 1 $\times$ 5,8	— Paralel Serie	1,38 0,90 0,73	0,50 0,78 0,95
CI 365	3 $\times$ LFA 65	3 $\times$ SLA 65	3 $\times$ BIA 65	Fără 3 $\times$ 4 1 $\times$ 5,8	— Paralel Serie	2,07 1,57 1,20	0,50 0,67 0,85

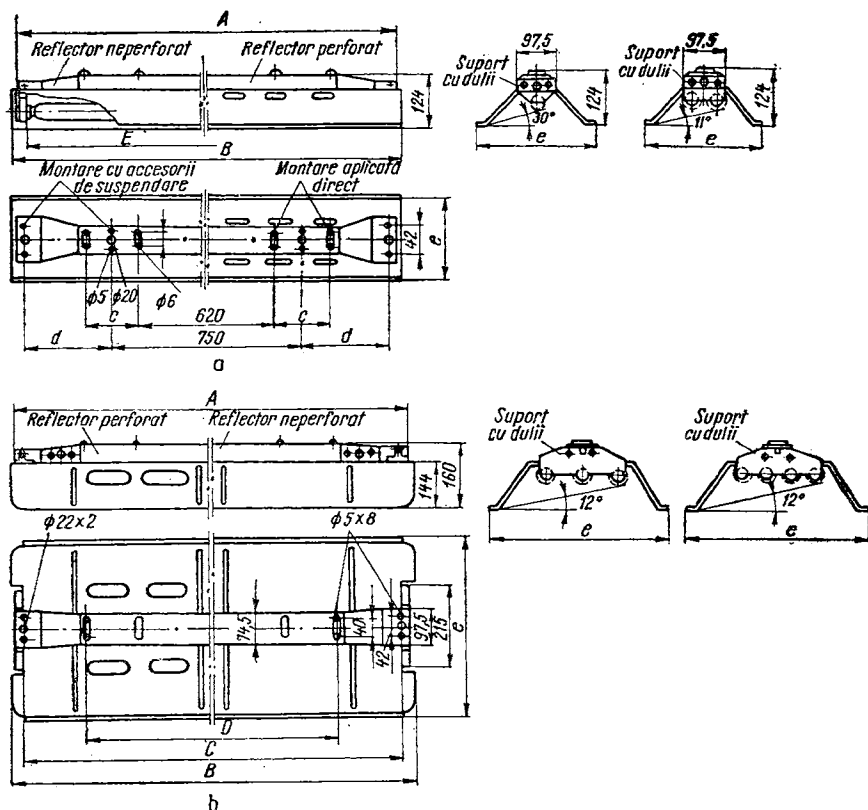


Fig. 2-42. Corpuri de iluminat tip CI:

a — tipurile CI 140, CI 240, CI 165 și CI 265; b — tipurile CI 340, CI 440, CI 365 și CI 465.

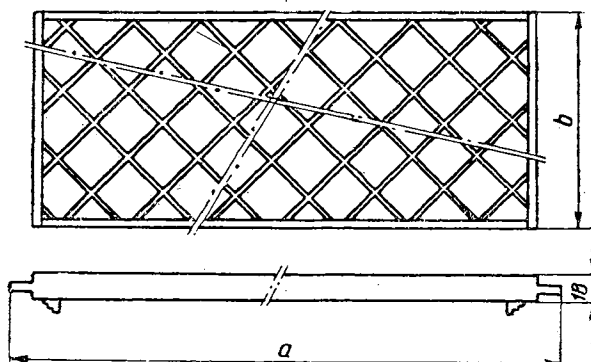


Fig. 2.43. Grătar dispersor pentru corpuri de iluminat tip CI.

Tabela 2-50. Dimensiunile corpurilor de iluminat tip CI
(După catalogul Electrofar)

Corpul (v. fig. 2-42)	Cotele, în mm:							Greutatea în kg		
	A	B	C	D	c	d	e	Corpul	Reflectorul	
									neperforat A	perforat B
CI 140 CI 240	1 234	1 262	—	—	130	223	250	3,0 3,8	2,7	2,3
CI 340 CI 440	1 237	1 262	1 195	880	—	—	430	5,9 8,7	5,6	5,3
CI 165 CI 265	1 534	1 562	—	—	280	373	250	4,5 6,3	3,4	3,0
CI 365	1 537	1 562	1 495	1 180	—	—	430	8,6	7,1	6,9

**Tabela 2-51. Dimensiunile grătarelor dispersoare pentru
corpurile de iluminat tip CI (v. fig. 2-43 și 10-18)**

Corpul	Cotele, mm	
	a	b
CI 140 sau CI 240	223	1 231
CI 165 sau CI 265	223	1 531
CI 340 sau CI 440	400	1 231
CI 365 sau CI 465	400	1 531

a fluxului luminos (seria CPB); au randamentul $R_c=0,75 \dots 0,85$ și se echează cu 1—2 lămpi de 40 W, cu aprindere rapidă, fără starter.

Montarea corpurilor cu reflector se face prin intermediul acestuia; la cele fără reflector se folosesc elemente de suspendare livrate o dată cu corpul de iluminat.

Corpurile CP se pot folosi în medii cu conținut ridicat de praf și umiditate, cu temperaturi ale mediului ambiant între $+5$ și $+45^\circ\text{C}$.

Forma și caracteristicile corpurilor de iluminat tip CP sînt arătate în fig. 2-45 și tabela 2-52.

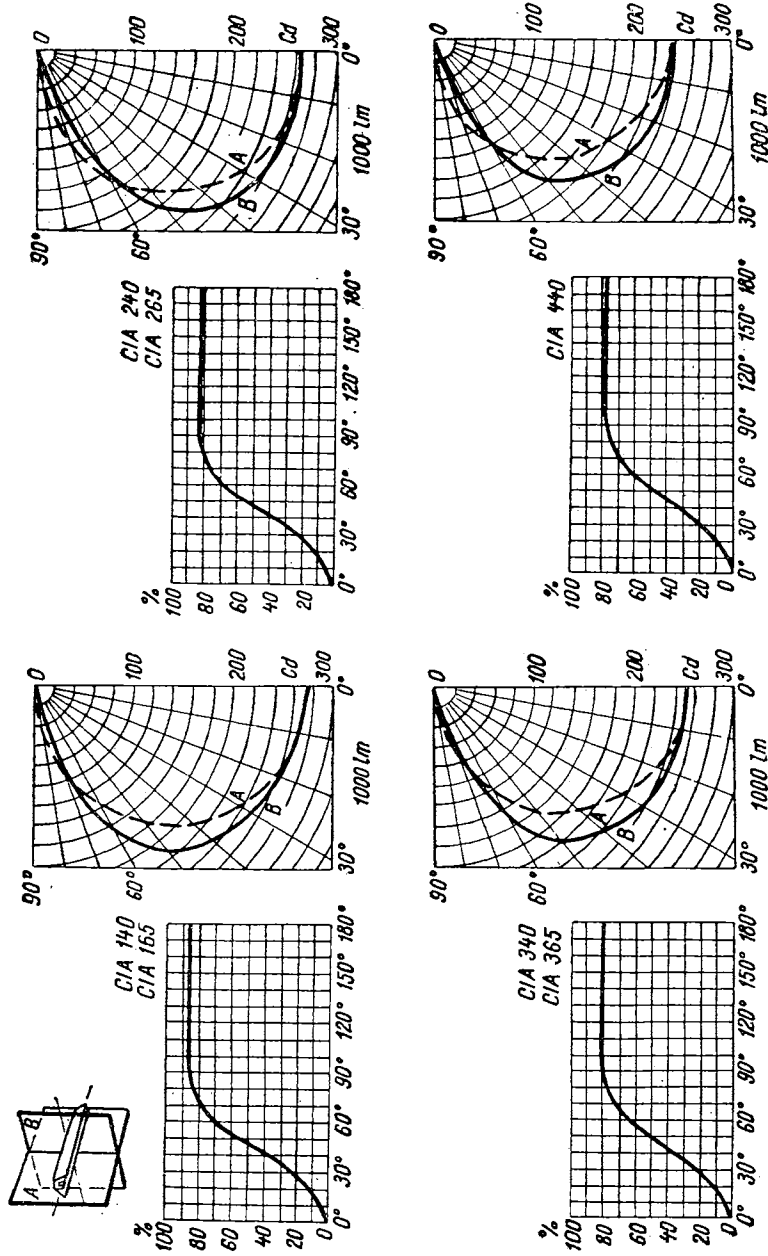


Fig. 2-44 A. Caracteristicile fotometrice ale corpurilor de iluminat tip CIA, fără grătar dispersor.

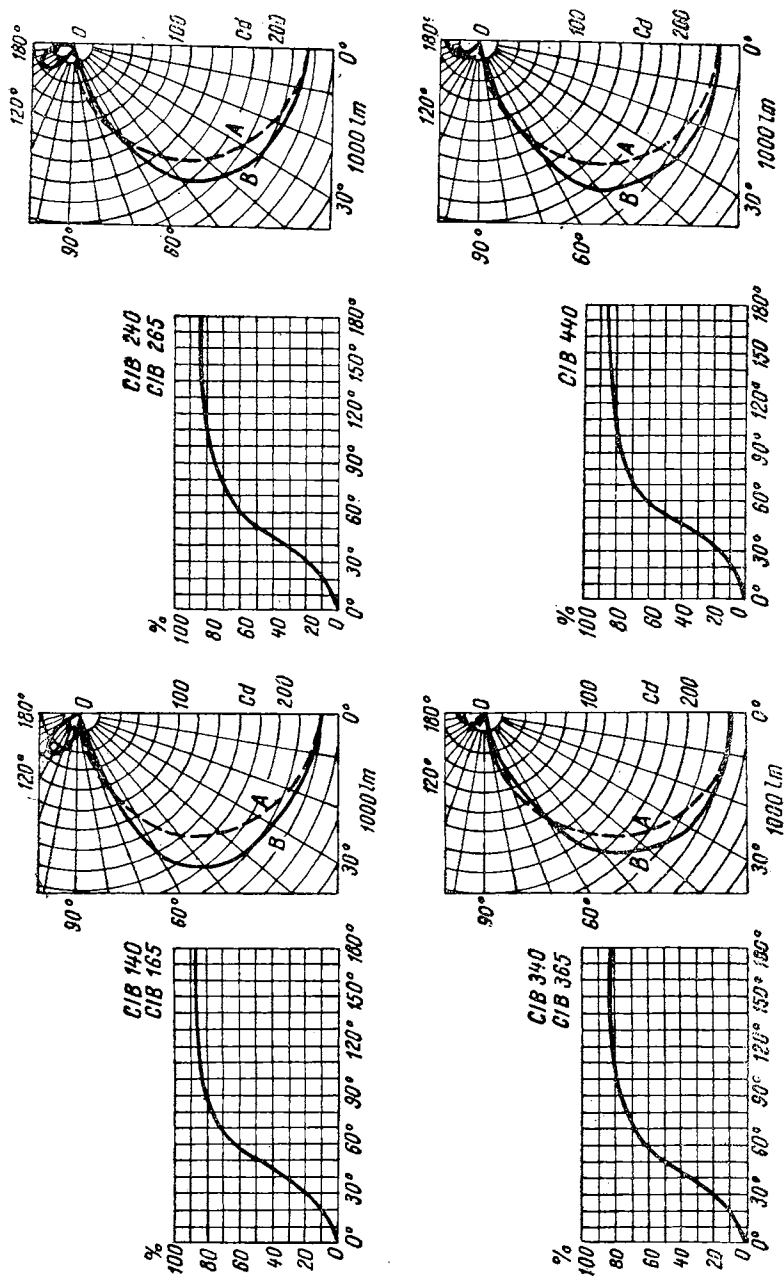


Fig. 2-44 B. Idem, ale corpurilor tip CIB, fără grătar dispersor.

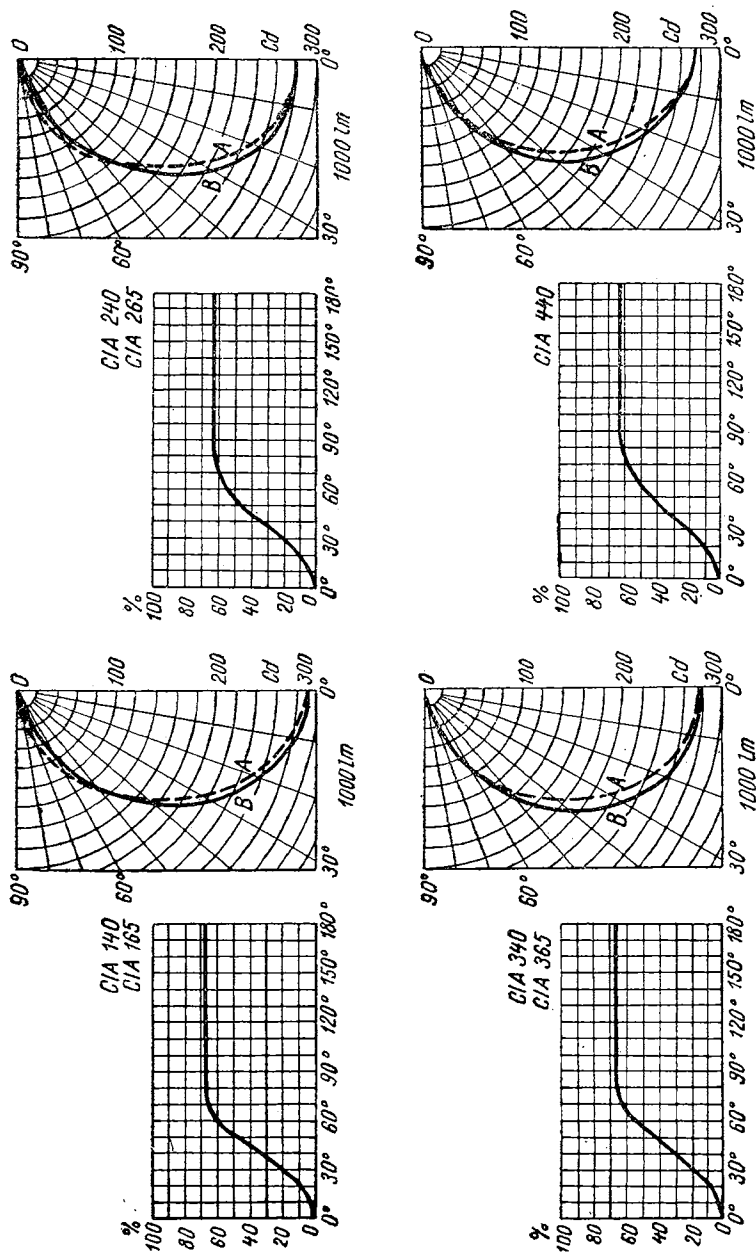


Fig. 2-44 C. Idem, ale corpurilor tip CIA, cu grătar dispensor.

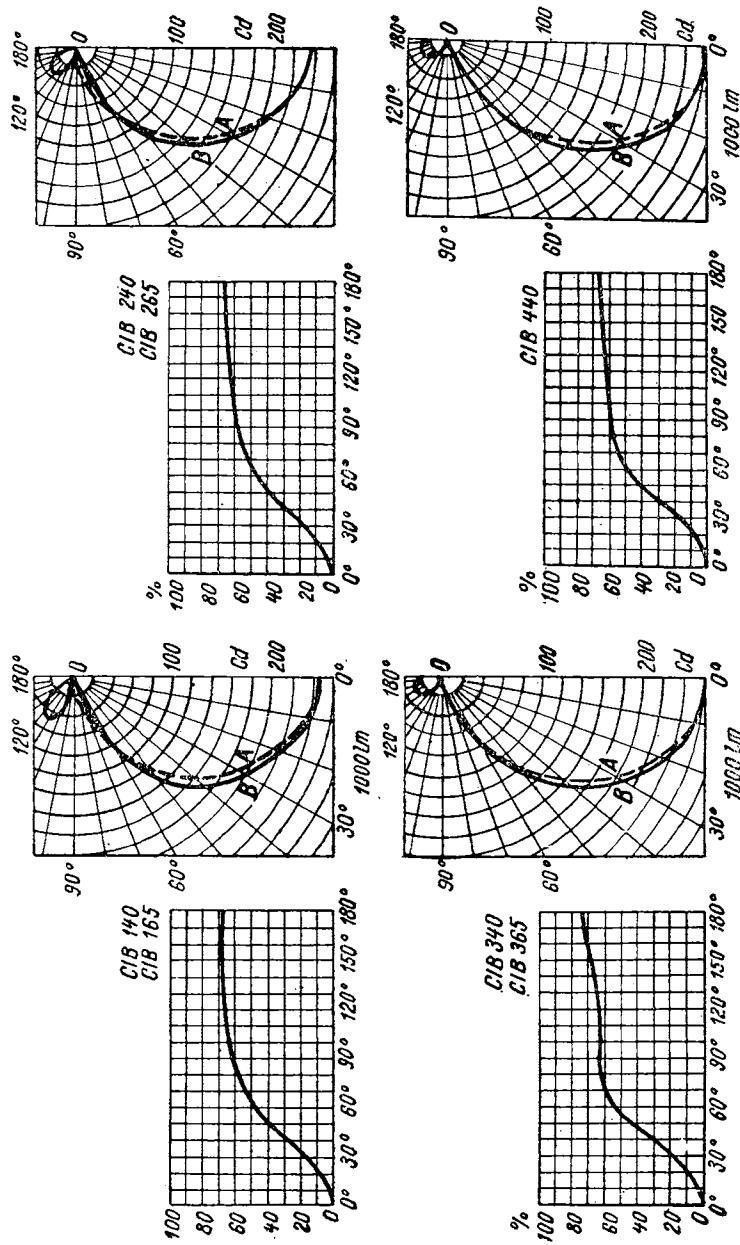
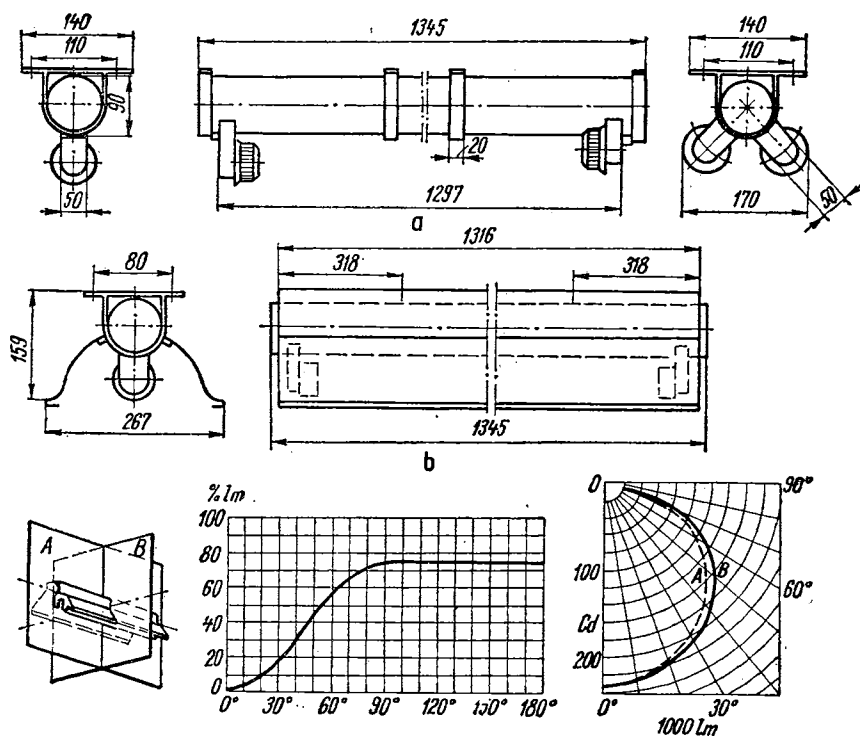


Fig. 2-44 D. Idem, ale corpurilor tip CIB, cu grătar dispersor.

Tabela 2-52. Caracteristicile corpurilor de iluminat tip CP

Corpul	Echiparea corpului (buc. $\times$ tipul):				Conectarea condensa- toarelor	Curentul nominal /n A	$\cos \varphi_n$	Greutatea aproxima- tivă, kg	
	Lămpi	Balasturi	Reflector	Condensa- toare (buc. $\times \mu F$)				corpul	reflec- torul
CPA 140	1 $\times$ LFR 40	1 $\times$ BRB 40	—	1 $\times$ 5	Serie	0,20	0,95	4,0	—
CPB 140	1 $\times$ LFR 40	1 $\times$ BRB 40	Neperforat	1 $\times$ 5		0,20	0,95	4,0	1,9
CPA 240	2 $\times$ LFR 40	2 $\times$ BRB 40	—	2 $\times$ 5		0,60	0,95	6,4	—
CPB 240	2 $\times$ LFR 40	2 $\times$ BRB 40	Neperforat	2 $\times$ 5		0,60	0,95	6,4	1,9



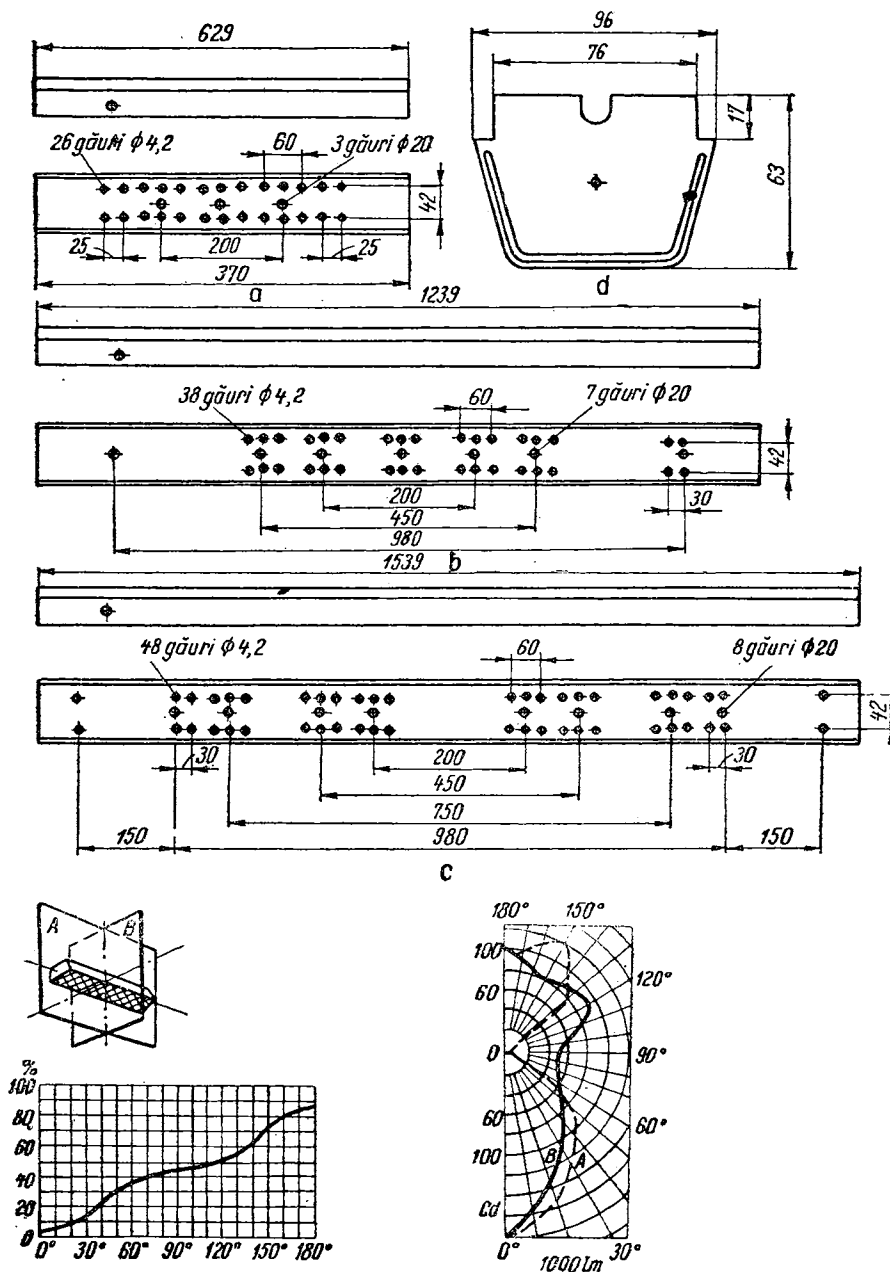


Fig. 2-46. Corpuri de iluminat tip CGA și caracteristicile fotometrice pentru lămpi:

a — de 20 W; b — de 40 W; c — de 65 W; d — profil (același pentru toate tipurile).

Tabela 2-53. Caracteristicile corpurilor de iluminat tip CGA

Corpul	Echiparea corpului de iluminat				Conectarea condensatoarelor	Curentul nominal I_n A	$\cos \varphi_n$	Greutatea aproximativă kg
	Lămpi	Startere	Balasturi	Condensatoare ($\mu\text{c} \times \mu\text{f}$)				
CGA 120	1 $\times$ LFA 20	1 $\times$ SLB 20	1 $\times$ BIA 20	Fără 1 $\times$ 5	— Paralel	0,39 0,16	0,35 0,85	3,0
CGA 220	2 $\times$ LFA 20	2 $\times$ SLB 20	1 $\times$ BIA 40	Fără 1 $\times$ 5	— Paralel	0,39 0,23	0,56 0,95	3,5
CGA 420	4 $\times$ LFA 20	4 $\times$ SLB 20	2 $\times$ BIA 40	Fără 2 $\times$ 5 1 $\times$ 3,8	— Paralel Serie	0,78 0,56 0,47	0,56 0,78 0,95	4,3
CGA 140	1 $\times$ LFA 40	1 $\times$ SLB 40	1 $\times$ BIA 40	Fără 1 $\times$ 4	— Paralel	0,44 0,25	0,50 0,90	4,2
CGA 240	2 $\times$ LFA 40	2 $\times$ SLA 40	2 $\times$ BIA 40	2 $\times$ 4 1 $\times$ 3,8	— Paralel	0,88 0,50 0,47	0,50 0,90 0,95	5,5
CGA 340	3 $\times$ LFA 40	2 $\times$ SLA 40	3 $\times$ BIA 40	Fără 3 $\times$ 4 1 $\times$ 3,8	— Paralel Serie	1,32 0,85 0,78	0,50 0,78 0,85	
CGA 440	3 $\times$ LFA 40	3 $\times$ SLA 40	4 $\times$ BIA 40	Fără 3 $\times$ 4 1 $\times$ 3,8	— Paralel Serie	1,67 1,25 0,94	0,50 0,70 0,95	10,3
CGA 165	1 $\times$ LFA 65	1 $\times$ SLA 65	1 $\times$ BIA 65	Fără 1 $\times$ 4	— Paralel	0,69 0,45	0,50 0,78	6,0
CGA 265	2 $\times$ LFA 65	2 $\times$ SLA 65	2 $\times$ BIA 65	Fără 2 $\times$ 4 1 $\times$ 5,8	— Paralel Serie	1,38 0,90 0,73	0,50 0,78 0,95	7,9
CGA 365	3 $\times$ LFA 65	3 $\times$ SLA 65	3 $\times$ BIA 65	Fără 3 $\times$ 4 1 $\times$ 5,8	— Paralel Serie	2,07 1,57 1,20	0,50 0,67 0,85	9,9
CGA 465	4 $\times$ LFA 65	4 $\times$ SLA 65	4 $\times$ BIA 65	Fără 4 $\times$ 4 2 $\times$ 5,8	— Paralel Serie	2,76 2,05 1,46	0,50 0,64 0,95	12,5

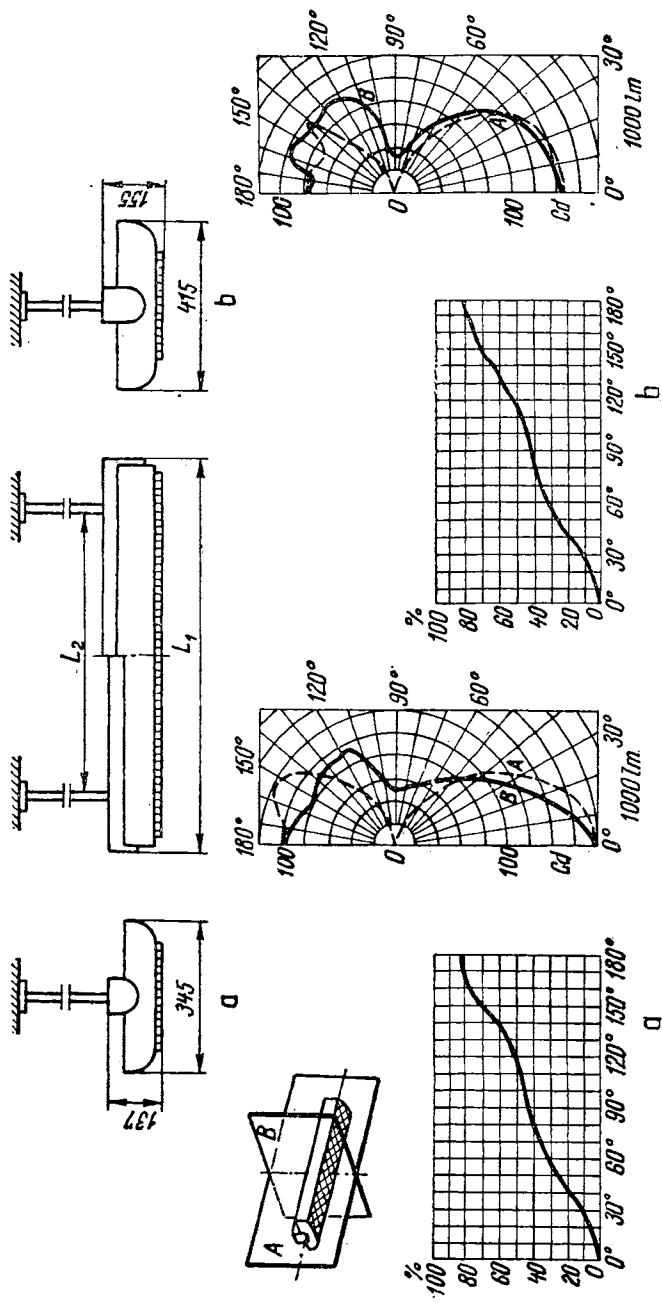


Fig. 2-47. Corpuri de iluminat tip CGB și caracteristicile fotometrice, pentru:
a — două lămpi; b — patru lămpi.

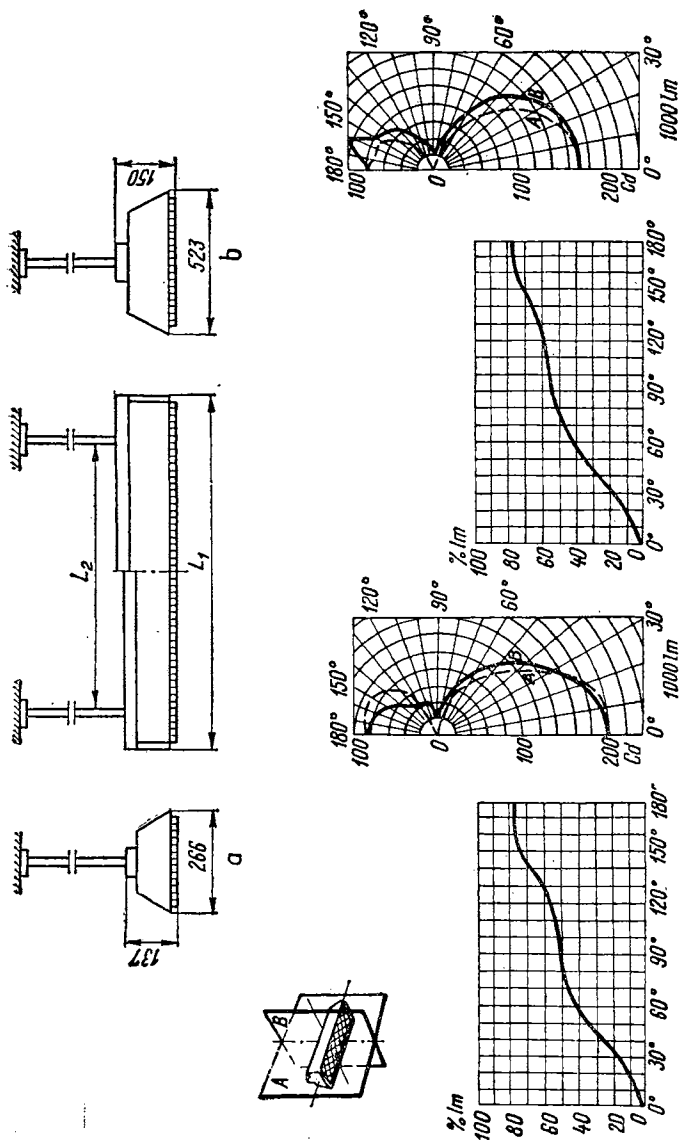


Fig. 2-48. Corpuri de iluminat tip CGC și caracteristicile fotometrice pentru:
a — două lămpi; b — patru lămpi.

Tipul pentru utilizări generale, simbol CG, execuție deschisă, protecție IP 20, poate fi folosit în medii fără praf sau fără agenți agresivi, cu o umiditate relativă de maximum 65% la temperaturi ale mediului ambiant de $+5 \dots +35^{\circ}\text{C}$.

Variantele constructive sînt:

— fără sistem optic, tip CGA (fig. 2-46 și tabela 2-53); au randamentul $R_c=0,85$; lungimea totală a corpurilor de iluminat inclusiv portduliile laterale, este mai mare decît lungimea din figură cu 9 mm pentru corpurile cu 1 și 2 lămpi și respectiv cu 12 mm pentru cele cu 3 și 4 lămpi;

— cu sistem optic tip CGB (fig. 2-47) cu $R_c=0,83$ și CGC (fig. 2-48), cu $R_c=0,83$; sînt corpuri de iluminat destinate în special în-

Tabela 2-54. Caracteristicile corpurilor de

Corpul	Echiparea corpului			
	Lămpi	Startere	Balasturi	Condensatoare (buo. $\times \mu\text{F}$)
CGB 220 sau CGC 220	$2 \times \text{LFA } 20$	$2 \times \text{SLB } 20$	$1 \times \text{BIA } 40$	Fără 1×5
CGB 420 sau CGC 420	$4 \times \text{LFA } 20$	$4 \times \text{SLB } 20$	$2 \times \text{BIA } 40$	Fără $1 \times 3,8$
CGB 240 sau CGC 240	$2 \times \text{LFA } 40$	$2 \times \text{SLA } 40$	$2 \times \text{BIA } 40$	Fără 2×4 $1 \times 3,8$
CGB 440 sau CGC 440	$4 \times \text{LFA } 40$	$4 \times \text{SLA } 40$	$4 \times \text{BIA } 40$	Fără 4×4 $2 \times 3,8$
CGB 265 sau CGC 265	$2 \times \text{LFA } 65$	$2 \times \text{SLA } 65$	$2 \times \text{BIA } 65$	Fără 2×4 $1 \times 5,8$

căperilor în care pe lângă exigențele unui bun iluminat se urmărește și obținerea unui efect decorativ deosebit; caracteristicile acestor corpuri sînt date în tabela 2-54.

G. OȚELURI DE CONSTRUCȚIE

Principalele tipuri de profile laminate din oțel care se folosesc la confecționarea construcțiilor metalice aferente instalațiilor electrice sînt indicate în fig. 2-49 și au caracteristicile date în tabela 2-55, 2-56 și 2-57.

Aceste profiluri sînt fabricate prin laminare la cald, din oțel calitatea OL 38 STAS 500-63.

iluminat tip CGB și CGC (v. fig. 2-47 și 2-48)

Conectarea condensatoarelor	Curentul nominal I_n A	$\cos \varphi$	Greutatea kg	Cotele, mm		
				La corpul	L_1	L_2
— Paralel	0,39 0,23	0,56 0,95	5,00	CGB 220 CGC 220	660 634	200 200
— Serie	0,78 0,56 0,47	0,56 0,78 0,95	6,10	CGB 420 CGC 420	660 634	200 200
— Paralel Serie	0,88 0,50 0,47	0,50 0,90 0,95	8,00	CGB 240 CGC 240	1 270 1 244	450 450
— Paralel Serie	1,76 1,25 0,94	0,50 0,70 0,95	13,20	CGB 440 CGC 440	1 270 1 244	450 450
— Paralel Serie	1,38 0,90 0,73	0,50 0,78 0,95	10,90	CGB 265 CGC 265	1 570 1 544	750 750

Tabela 2-55. Caracteristicile profilelor de oțel L, cu aripi egale laminate la cald
(v. fig. 2-49) (După STAS 424-62)

Denumirea profilului L	Cotele secțiunii, mm		Secțiunea S cm²	Greutatea G kg/m	Mărimile statice pentru axele de încovoiere		
	a	g			X—X=Y—Y		
					I _x cm⁴	W _x cm³	t _x cm
20 × 20 3	20	3	1,13	0,89	0,40	0,29	0,59
4		4	1,46	1,15	0,50	0,37	0,58
22 × 22 3	22	3	1,25	0,98	0,54	0,35	0,65
4		4	1,62	1,27	0,68	0,45	0,65
25 × 25 3	25	3	1,43	1,12	0,81	0,46	0,75
4		4	1,6	1,46	1,03	0,59	0,74
28 × 28 3	28	3	1,62	1,27	1,16	0,58	0,85
4		4	2,11	1,66	1,48	1,75	0,84
32 × 32 3	32	3	1,86	1,46	1,77	0,77	0,97
4		4	2,43	1,91	2,26	1,00	0,96
36 × 36 3	36	3	2,10	1,65	2,56	0,98	1,10
4		4	2,75	2,16	3,29	1,28	1,09
40 × 40 3	40	3	2,35	1,85	3,55	1,22	1,23
4		4	3,08	2,42	4,58	1,60	1,22
5		5	3,79	2,97	5,53	1,95	1,21
45 × 45 3	45	3	2,65	2,08	5,13	1,56	1,39
4		4	3,48	2,73	6,63	2,04	1,38
5		5	4,29	3,37	8,03	2,51	1,37
50 × 50 3	50	3	2,96	2,32	7,11	1,94	1,55
4		4	3,89	3,05	9,21	2,54	1,54
5		5	4,0	3,77	11,2	3,13	1,53
6		6	5,69	4,46	13,1	3,69	1,52
56 × 56 3,5	56	3,5	3,86	3,03	11,6	2,83	1,73
4		4	4,38	3,44	13,1	3,21	1,73
5		5	5,41	4,25	16,0	3,96	1,72
6		6	6,42	5,04	18,7	4,68	1,71
63 × 63 4	63	4	4,96	3,90	18,9	4,09	1,95
5		5	6,13	4,81	23,1	5,05	1,94
6		6	7,28	5,72	27,1	5,98	1,93
4,5		4,5	6,20	4,87	29,1	5,67	2,16
70 × 70 5	70	5	6,86	5,38	31,9	6,27	2,16
6		6	8,15	6,39	37,6	7,43	2,15
7		7	9,42	7,39	43,0	8,57	2,14
8		8	10,66	8,37	48,2	9,68	2,13

Tabela 2-55 (continuare)

Denumirea profilului L	Cotele secțiunii, mm		Secțiunea S cm ²	Greutatea G kg/m	Mărimile statice pentru axele de încovoiere		
	a	g			X—X=Y—Y		
					I_x cm ⁴	W_x cm ³	i_x cm
80 × 80	5,5	5,5	8,63	6,78	52,7	9,03	2,47
	6	6	9,38	7,36	57,0	9,80	2,47
	7	7	10,8	8,51	65,3	11,3	2,45
	8	8	12,3	9,65	73,4	12,8	2,44
90 × 90	6	6	10,6	8,33	82,1	12,5	2,78
	7	7	12,3	9,64	94,3	14,4	2,77
	8	8	13,9	10,9	106	16,4	2,76
	10	10	17,2	13,5	129	20,1	2,74
100 × 100	6	6	11,9	9,35	113	15,5	3,09
	7	7	13,8	10,8	131	17,9	3,08
	8	8	15,6	12,2	147	20,3	3,07
	10	10	19,2	15,1	179	25,0	3,05
	12	12	22,8	17,9	209	29,5	3,03

Exemplu de notare. Oțel L cu aripi egale de 50 mm, cu grosimea de 5 mm, din oțel calitatea OL 38 conform STAS 500-63, se notează: L 50×50×5 STAS 424-62/OL 38 STAS 500-63

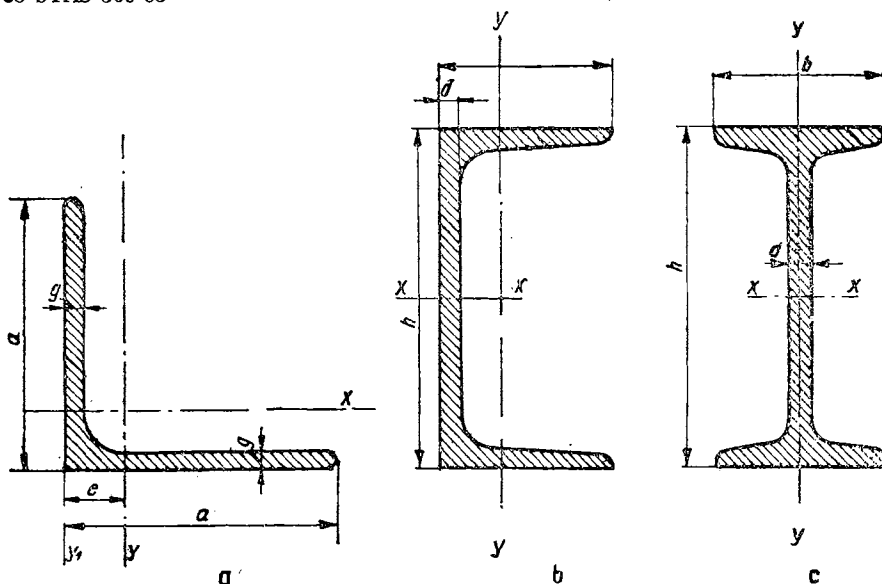


Fig. 2-49. Profileuri de oțel pentru construcții în instalații electrice:
a — cornier cu aripi egale (STAS 424-62); b — U (STAS 564-63); c — I (STAS 565-63).

Tabela 2-56. Caracteristicile profilelor de oțel U laminate la cald
(v. fig. 2-49) (După STAS 564-63)

Denumirea profilului U	Cotele secțiunii, mm			Secțiunea S cm²	Greutatea G kg/m	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
	h	b	d			x—x			y—y		
						I _x cm⁴	W _x cm³	i _x cm	I _y cm⁴	W _y cm³	i _y cm
5	50	38	5	7,12	5,59	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13
6 ^{1/2}	65	42	5,5	9,03	7,09	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25
8	80	45	6	11,0	8,64	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33
10	100	50	6	13,5	10,6	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47
12	120	55	7	17,0	13,4	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59
14	140	60	7	20,4	16,0	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75
16	160	65	7,5	24,0	18,8	925	116	6,21	65,3	18,3	1,89
18	180	70	8	28,0	22,0	1 350	150	6,95	114	22,4	2,02
20	200	75	8,5	32,2	25,3	1 910	191	7,70	14,8	27,0	2,14
22	220	80	9	37,4	29,4	2 630	245	8,43	197	33,6	2,30
24	240	85	9,5	42,3	33,2	3 600	300	9,22	248	39,6	2,42
26	260	90	10	48,3	37,9	4 820	371	9,99	317	47,7	2,56
30	300	100	10	58,8	46,2	8 031	535	11,7	495	67,8	2,90

Exemplu de notare. Oțel U cu înălțimea $h = 120$ mm, din oțel calitate OL 38 conform STAS 500-63 se notează: U 12 STAS 564-49/OL 38 STAS 500-63.

Tabela 2-57. Caracteristicile profilelor de oțel I laminate la cald (v. fig. 2-49)
(După STAS 565-63)

Denumirea profilului I	Cotele secțiunii, mm			Secțiunea S cm²	Greutatea G kg/m	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
	h	b	d			x—x¹			y—y		
						I _x cm⁴	W _x cm³	i _x cm	I _y cm⁴	W _y cm³	i _y cm
8	80	42	3,9	7,58	5,95	77,8	19,5	3,20	6,25	3,00	0,91
10	100	50	4,5	10,6	8,32	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07
12	120	58	5,1	14,2	11,2	323	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23
14	140	66	5,7	18,3	14,4	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40
16	160	74	6,3	22,8	17,9	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55
18	180	82	6,9	27,9	21,9	1 450	161	7,20	81,3	19,8	1,71
20	200	90	7,5	33,5	26,3	2 140	214	8,00	117	26,0	1,87
22	220	98	8,1	39,6	31,1	3 060	278	8,80	162	33,1	2,02
24	240	103	8,7	46,1	36,2	4 250	354	9,59	221	41,7	2,20
26	260	113	9,4	53,4	41,9	5 740	442	10,4	226	51,0	2,32
28	280	119	10,1	61,1	48,0	7 590	542	11,1	364	61,2	2,45
30	300	125	10,8	69,1	54,2	9 800	653	11,9	451	72,2	2,56
32	320	131	11,5	77,8	61,1	12 510	782	12,7	555	84,7	2,67
36	360	143	13,0	97,1	76,2	19 610	1 090	14,2	818	114	2,90
40	400	155	14,4	118	92,6	29 210	1 460	15,7	1 160	149	3,73

Exemplu de notare. Oțel I cu înălțimea $h = 200$ mm, din oțel calitate OL 38, conform STAS 500-63, se notează: I 20 STAS 565-63/OL 38 STAS 500-63.

III. APARATE ELECTRICE

A. GENERALITĂȚI

La aparate interesează totdeauna unele date, arătate mai jos:
Tensiunile nominale (stabilite prin STAS 553-60) sînt:

- pentru curent continuu: 24, 60, 110, 220, 440, 800 și 1 200 V;
- pentru curent alternativ: 42; 125; 220; 380; 500 și 1 000 V.

Intensitățile nominale (stabilite prin STAS 553-60 și 4297-60), pentru curent continuu și pentru curent alternativ sînt: 6; 10; 25; 40; 63; 100; 200; 400; (350); 630; 1 000; 2 000 și 3 150 A.

Caracteristicile de serviciu sînt legate de posibilitatea utilizării aparatelor și pentru alte valori ale curentului sau tensiunii, mai mici decît cele nominale; aceste valori sînt numite tensiuni sau curenți de serviciu. Pentru funcționarea corectă, la valorile de serviciu este necesară uneori înlocuirea unor elemente ale aparatului sau comutarea conexiunilor.

Curentul limită termic este cel mai mare curent pe care-l poate suporta aparatul timp de 1 s, fără ca încălzirea lui să depășească pe aceea admisă de norme.

Regimul nominal de funcționare este caracterizat prin următoarele elemente:

- rezistența la uzură mecanică, respectiv numărul de manevrări pentru care se garantează rezistența mecanică a aparatului;

- frecvența nominală de conectare este numărul de conectări pe oră, la tensiunea și curentul nominal, pentru care se garantează aparatul;

- durata de conectare nominală este timpul, exprimat în procente din timpul total al unui ciclu de funcționare, în decursul căruia aparatul se află sub curent.

Capacitatea de rupere este reprezentată prin curentul maxim (în valoare eficace) pe care acestea îl pot rupe, aparatele rămînînd în stare de funcționare. Capacitatea de rupere poate fi zero pentru unele aparate (separatoare), egală cu curentul nominal (la întreprătoare cu pirghie), sau egală cu un multiplu al curentului nominal (6—10 ori pentru contactoare, 30—40 ori pentru întreprătoare automate etc.).

Capacitatea de închidere este curentul maxim pe care aparatul îl poate stabili fără să se deterioreze; în general, aceasta este mai mare decât capacitatea de rupere.

Grade de protecție. Conform STAS 5325-62, gradul de protecție al unui aparat se notează cu literele IP urmate de trei cifre: prima indică gradul de protecție a personalului împotriva atingerii accidentale a pieselor sub tensiune și a pătrunderii corpurilor străine, a doua — gradul de protecție împotriva pătrunderii lichidelor, iar a treia — gradul de protecție contra deteriorărilor mecanice.

B. APARATE DE CONECTARE

a. Întrerupătoare și comutatoare pentru instalații interioare. Principalele caracteristici și tipuri ale acestora sînt date în tabela 3-1.

Tabela 3-1. Caracteristicile și tipurile de întrerupătoare și comutatoare pentru instalații interioare

Tipul aparatului	Cumpănă		Rotativ			
	Normal	INTENC	Normal	Flanș	În carcasă de bachelită	În carcasă metalică
Tensiunea nominală, V	250 c. a.		250 c. a. și c. c.			
Curentul normal, A	10		6			
Rezistența la uzură mecanică și electrică, cicluri	50 000		20 000			
Durata de conectare, %	100		—			
Gradul de protecție	IP 30		IP 30	IP 20 (IP 30)	IP 31	IP 32
Condiții de instalare	ST	IT	T	ST	ST	T
Formatul	D		R	R (P)	R	R
Garabite:						
— înălțimea, mm	80	84	—	(84)	—	—
— lățimea, mm	70	74	—	(84)	—	—
— diametrul, mm	—	—	54	80	85	83*) 75*)

Notă. Semnificația simbolurilor: ST — montaj îngropat, cu doză de aparat; IT — montaj în tencuială; T — montaj aparent; D — format dreptunghiular; P — format pătrat; R — format rotund. Notațiile dintre paranteze se referă la formatul pătrat.

*) Între axele șuruburilor de fixare.

b. *Separatoare*. Acestea se fabrică tripolare, pentru interlo-
rilor (fig. 3-1 și tabela 3-2), cu următoarele caracteristici: tensiunea
nominală 1 000 V; curentul nominal 200, 350, 630 sau 1 000 A;
frecvența de conectare: 1—12 conectări/h; durata de conectare 100%;
rezistența la uzură mecanică 1 000 de manevrări; capacitatea de
rupere zero; modul de acționare, normal, prin prăjină izolată.

c. *Înterupătoare cu pîrghie*. Acestea corespund
prescripțiilor STAS 2425-61. Caracteristicile nominale sînt: tensiune
380 și 500 V c.a. sau 220 și 440 V c.c.; curentul: 25, 60, 100,
200, 350, 630 sau 1 000 A; rezistența la uzură 2 000 manevrări pen-
tru înterupătoarele care funcționează la curenți de peste 100 A
și 5 000 manevrări la celelalte; durata de conectare 100%; frecvența
de acționare este de o conectare pe oră; capacitatea de rupere, con-
form tabeli 3-3.

Tabela 3-2. Dimensiunile de gabarit, în mm, ale separatoarelor tripolare
de interior, fabricate de Electroaparataj (v. fig. 3-1)

Curentul nominal, A	a	b	c	d	e	f	g	h	i
200; 350	400	302	178	222	160	360	110	17	16
600; 1 000	450	343	201	250	170	400	120	17	16

Tabela 3-3. Capacitățile de rupere ale înterupătoarelor cu pîrghie

Curentul nominal I_n A	Capacitatea de rupere, în A, pentru :					
	220 V c.c.	440 V c.c.	380 V c.a.		500 V c.a.	
	—	—	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,7$	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,7$
25	19	6	16	12,5	—	—
60	45	15	48	30	24	18
100	80	25	80	50	40	30
200	150	50	160	100	80	60
350	—	—	280	175	140	105
600	—	—	480	300	240	180
1 000	—	—	800	800	400	300

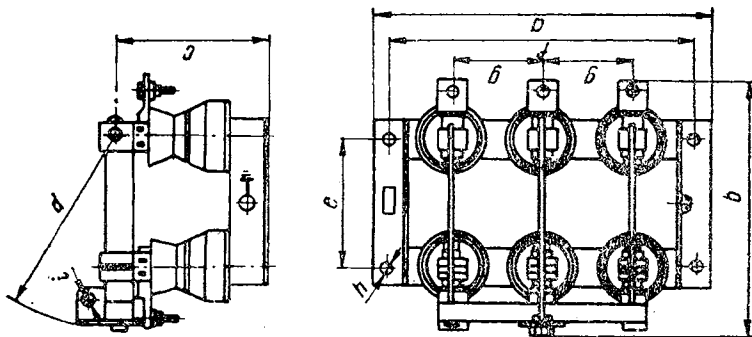
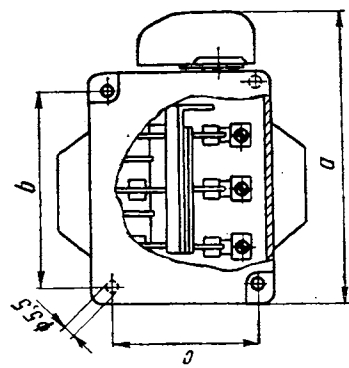
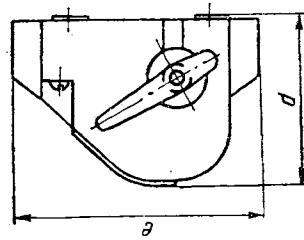
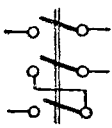


Fig. 3-1. Separator tripolar pentru interior.



Schemă pentru curent continuu la 440 V



Schemă pentru curent alternativ la 380 V

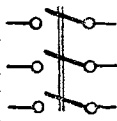


Fig. 3-2. Intrerupător pîrghie de 25—100 A.

Dimensiunile de gabarit și întrerupătoarele cu pîrghie sînt date în fig. 3-2 și 3-3 și tablele 3-4 și 3-5.

d. *Întrerupătoare și comutatoare pachet.* Acestea corespund prescripțiilor STAS 5414-61. Principalele caracteristici electrice și mecanice sînt: tensiunea nominală 380 V c.a. sau 280 V c.c.; curentul nominal: 6, 10, 25 sau 60 A; rezistența la uzură 10 000 cicluri; capacitatea de rupere: $6 I_n$ pentru cele de 6—10 A, $1,25 I_n$ pentru cele de 25 sau de 60 A și $1 I_n$ la folosirea în circuitele de c.c.

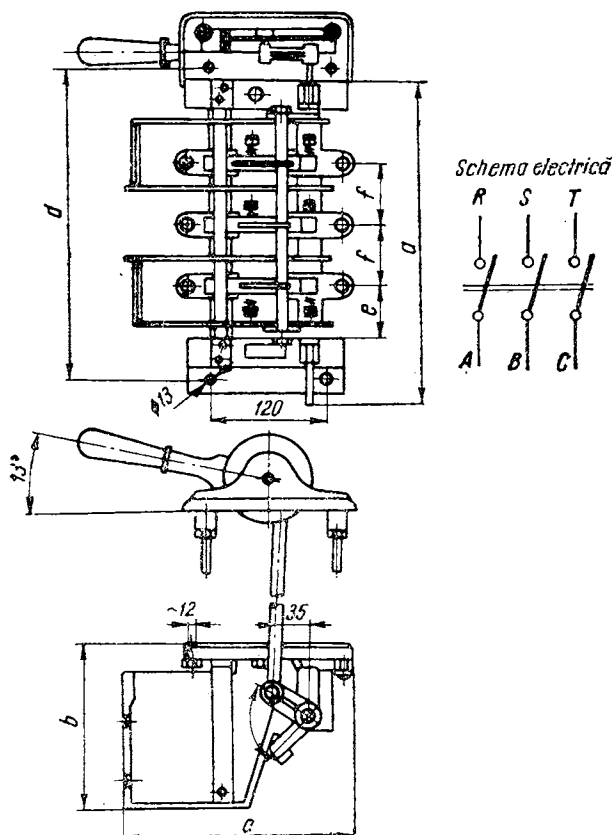


Fig. 3-3. Întrerupător pîrghie de 200—1 000 A.

Tabela 3-4. Dimensiunile de gabarit ale întrerupătoarelor cu pîrghie de 25—200 A (v. fig. 3-2)

Curentul nominal A	Cotele, în mm					Greutatea aproximativă kg
	a	b	c	d	e	
25	155	96	70	87	130	0,5
60	155	96	70	93,5	155	1,3
100	175	114	93	103	175	1,5
200	300	255	200	138	216	2,5

Dimensiunile de gabarit și schemele electrice ale principalelor tipuri de întrerupătoare și comutatoare pachet sînt date în fig. 3-4... 3-7.

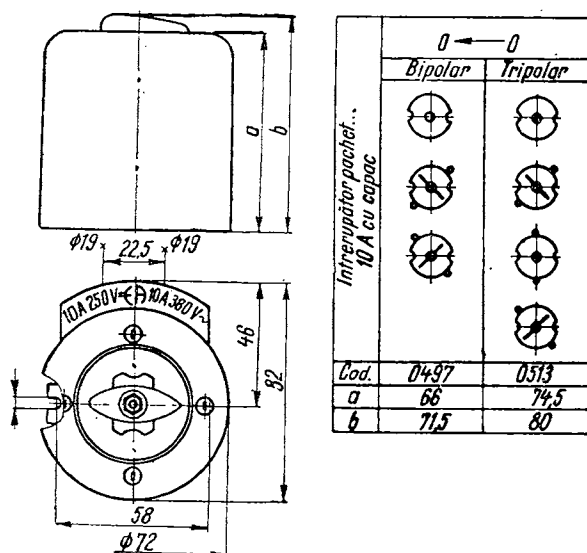


Fig. 3-4. Întrerupător pachet de 10 A.

Tabela 3-4. Dimensiunile de gabarit ale întrerupătoarelor cu pîrghie de 200—1000 A (v. fig. 3-3)

Curentul nominal A	Cotele, în mm						Greutatea, kg
	a	b	c	d	e	f	
200	372	178	240	342	55	70	6,5
350	372	178	240	342	55	70	9,5
600	398	216	316	368	58	80	16
1000	398	216	316	368	58	80	19

e. *Prize*. Tipurile uzuale de prize sînt date în fig. 3-8...3-10, iar dimensiunile și caracteristicile electrice, în tabela 3-6.

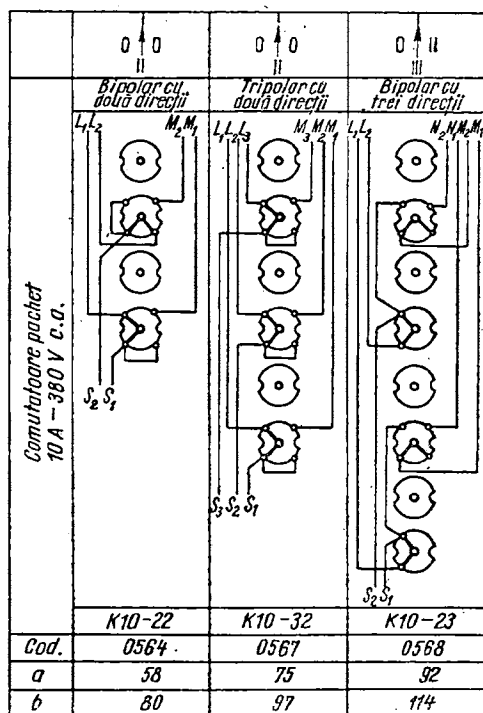
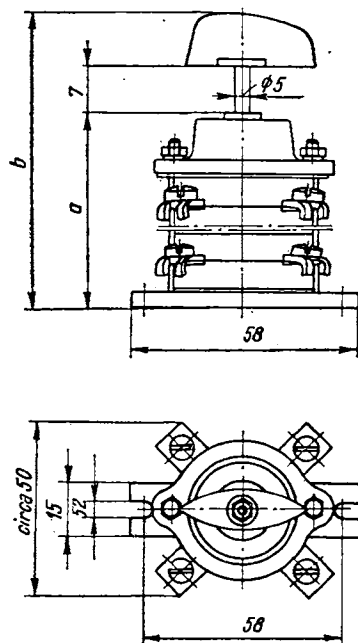


Fig. 3-5. Comutator pachet de 10 A.

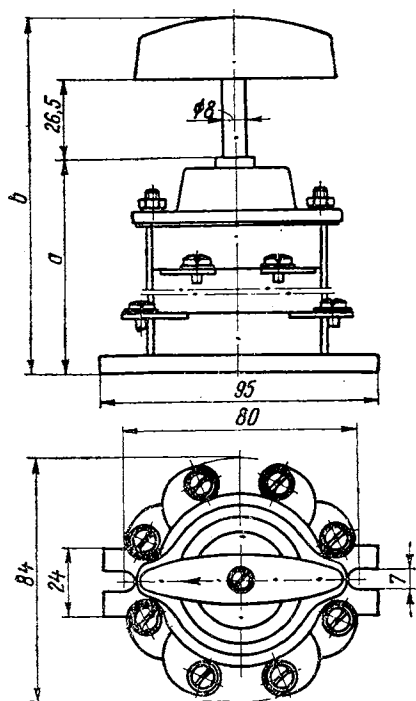


Fig. 3-6. Comutatoare pachet de 25 A.

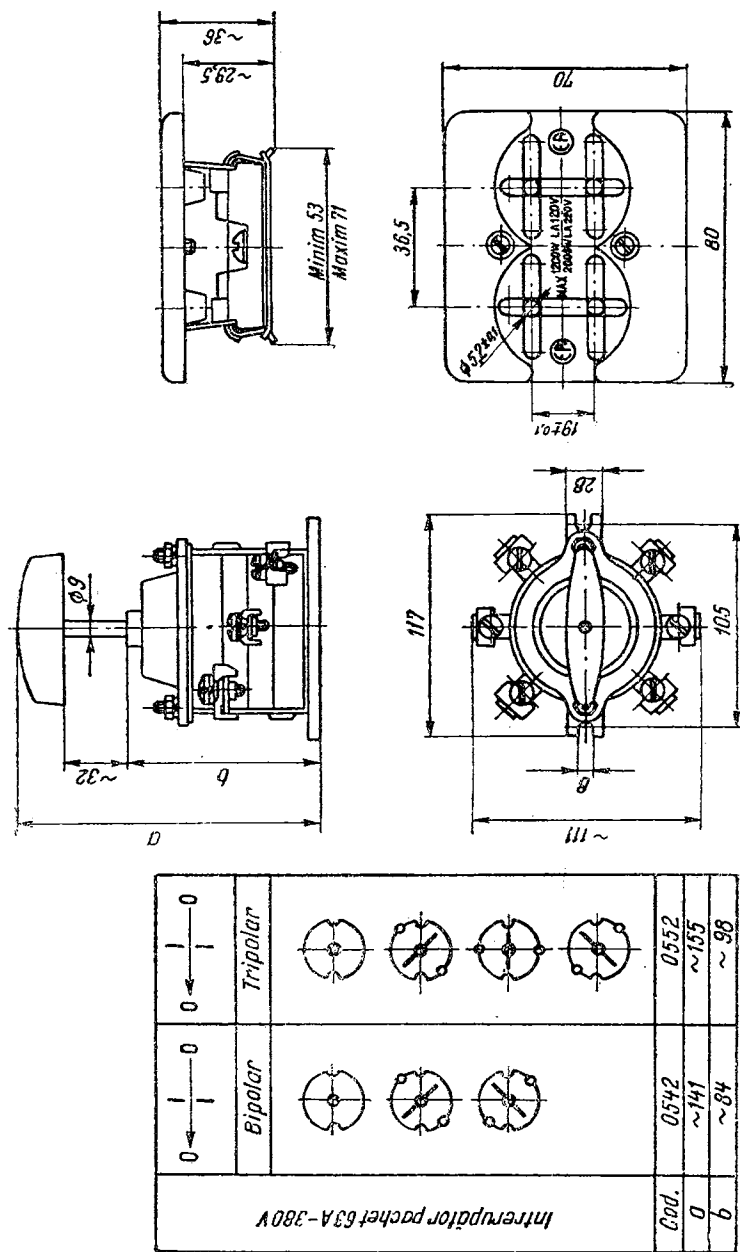
	0 — 1 — 0	0 — 1 — 0	0 — 1 — 0
	Bipolar cu două direcții	Bipolar cu trei direcții	Tripolare cu două direcții
Comutatoare pachet 25 A — 380 V c, a.			
	K 25-22	K 25-23	K 25-32
	Cod 0612	0618	0619
	a circa 70	circa 91	circa 81
b	circa 118	circa 139	circa 129

f. *Contactoare*. Acestea sînt aparate comandate de la distanță, care închid un circuit sub acțiunea comenzii și-l mențin închis atît timp cît durează comanda.

Tabela 3-6. Dimensiunile și caracteristicile electrice ale prizei tripolare de 25 și 60 A (v. fig. 3-10)

Mărimile prizei	Cotele în mm							Curentul de rupere, în A, la contactele:		Tensiunea nominală V	Cos φ
	a	b	c	d	e (Φ)	f	g	principale	de protecție		
25 A	150	128	230	81	26	11	IPE 21	31,5	25	380	0,6
60 A	178	148	320	115	32	11	IPE 36	75	60		

Notă. IPE 21 și IPE 36 sînt tuburile de protecție cu care se racordează.



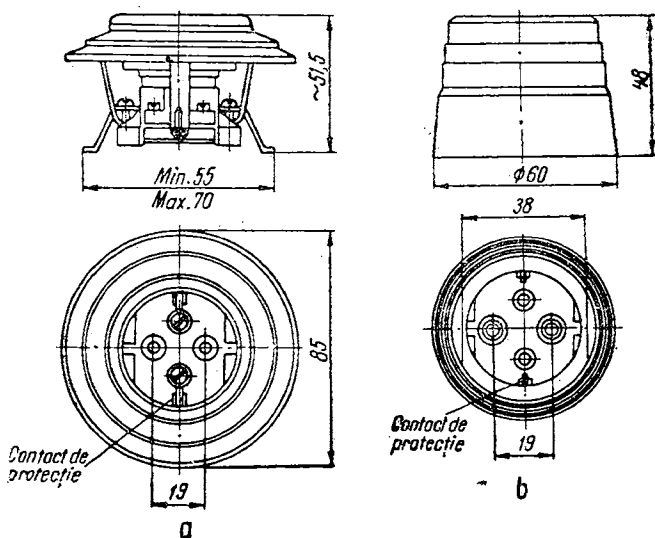


Fig. 3-9. Priză bipolară cu contact de protecție pentru montaj:

a — îngropat; b — aparent.

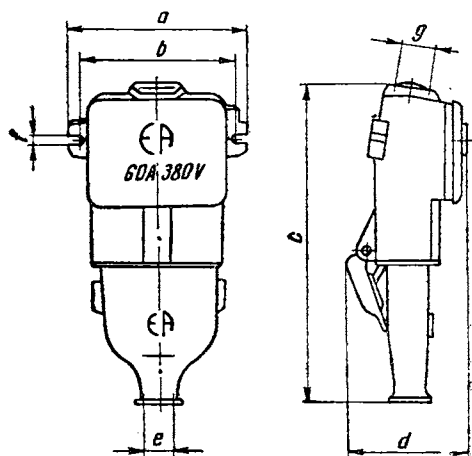


Fig. 3-10. Priză tripolară protejată (de fontă) de 25 și 60 A.

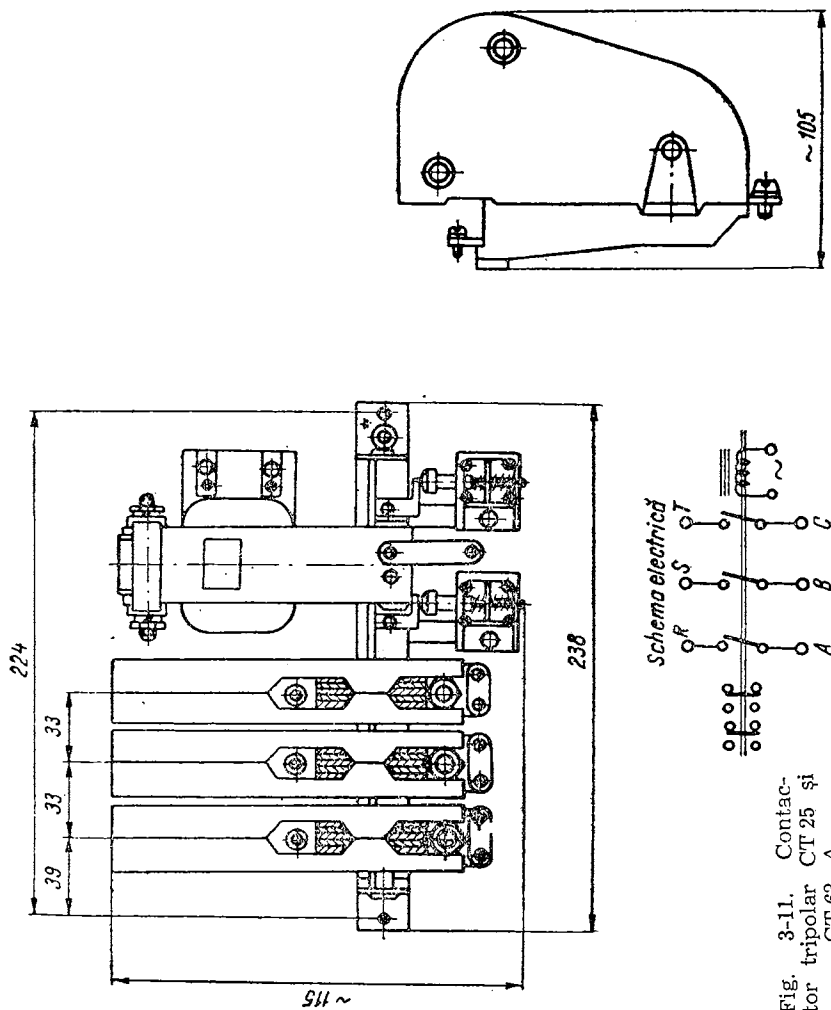


Fig. 3-11. Contact-
tor tripolar CT 25 și
CT 63 A.

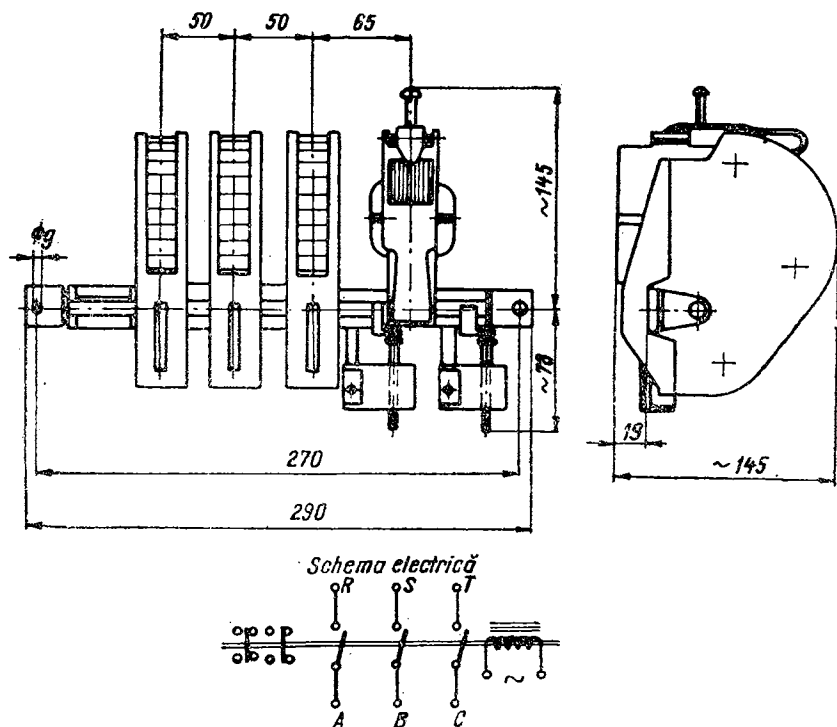


Fig. 3-12. Contactor tripolar CT-100.

Caracteristicile unor tipuri de contactoare produse în țara noastră sînt date în tabela 3-7, iar dimensiunile de gabarit și schemele electrice sînt date în fig. 3-11 ... 3-17.

Conform STAS 4479-61, limitele valorilor tensiunilor la care trebuie să lucreze electromagnetul contactorului sînt:

- la $0,85 U_n$, armătura mobilă trebuie să fie atrasă și menținută fără să vibreze;
- la $0,7 U_n$, armătura mobilă trebuie să fie atrasă și menținută.

g. *Ruptoare*. Acestea sînt aparate care deschid un circuit electric și-l mențin astfel atît timp cît durează comanda dată de la distanță. Caracteristicile tehnice ale ruptoarelor sînt date în tabela 3-8, iar dimensiunile în fig. 3-18 și 3-19.

Tabela 3-7. Caracteristicile unor contactoare indigene

Caracteristica	Tipul contactorului după curentul nominal			
	CT 25 A	CT 63 A	CT 100 A	CT 200 A
a. Contactoare de curent alternativ				
Tensiunea nominală U_n , V	500	500	500	500
Curentul nominal I_n , A	25	63	100	200
Tensiunile de serviciu, V	24, 48, 120, 220, 380, 500			
Rezistențele la uzură mecanică, conectări	1 200 000			
Capacitatea de rupere, A (la $U = 1,1 U_n$ și $\cos \varphi = 0,4$)	200	504	800	1 600
Capacitatea de închidere, A	200	504	800	1 600
Capacitatea de rupere a contactelor auxiliare la $\frac{L}{R} = 0,005$ ms, A	1 la 550 V și $\cos \varphi = 0,4$; 0,5 la 440 V c.c.			
Rezistența la uzură electrică, conectări	120 000			
Frecvența de conectare, conectări pe oră	600 (temporar; pe intervale scurte poate merge pînă la 3 000)			
Durata de conectare, %	40 și 100			
Sistemul de stingere al arcului electric	Camere de ionice cu plăcuțe din metal în forma indicată			
Mediul de stingere	Aerul			
Numărul de contacte auxiliare	2 ND + 2 NI inclusiv contactul de autoreținere			

Caracteristica	Tipul contactorului după curentul nominal			
	BC 60	MC 80	MC 100	MC 150
b. Contactoare de curent continuu				
Tensiunea nominală, V	220	220	750	750
Curentul nominală, A	60	80	100	150
Tensiuni de serviciu, V	24, 110, 220		24, 110, 220, 750	
Rezistența la uzură mecanică, conectări	300 000		1 000 000	
Capacitatea de rupere la $U = 1,1 U_n$ și $\frac{L}{R} = 5$ ms, A	150	200	250	375
Capacitatea de închidere, A	150	200	250	375
Capacitatea de rupere a contactelor auxiliare la $\frac{L}{R} = 5$ ms, A	2 la 24V; 1 la 110V; 0,5 la 220V; 0,1 la 750V			
Rezistența la uzură electrică, conectări	30 000		100 000	
Frecvența de conectare, conectări pe oră	300		600	
Durata de conectare, %	40 și 100			
Sistemul de stingere al arcului electric	Suflaj magnetic			
Numărul de contacte auxiliare	Fără 1 ND + 1 NI 2 ND + 2 NI			

Excepția face contactorul BC 60 care este construit numai pentru impulsuri de scurtă durată (maximum 10 impulsuri a 10 s pe oră).

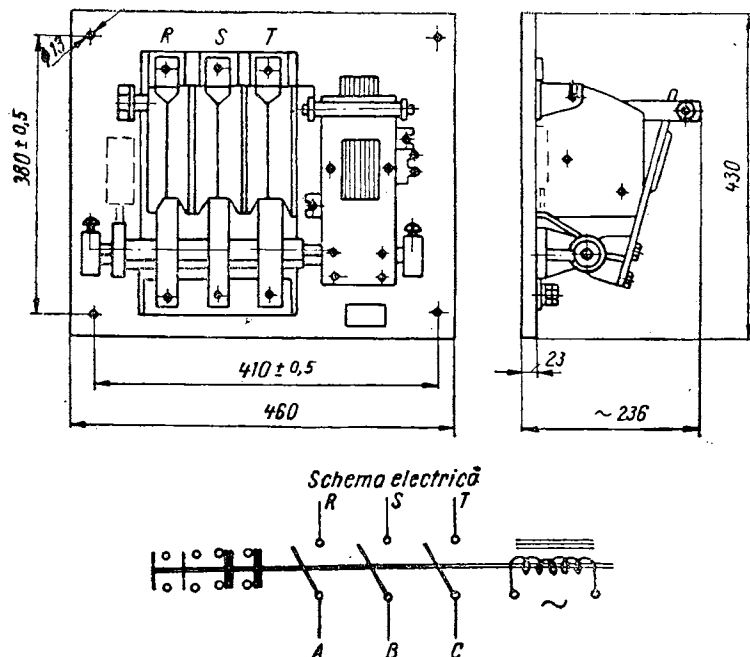


Fig. 3-13. Contactor tripolar CT-200.

Tabela 3-8. Caracteristicile tehnice ale ruptoarelor

Caracteristica	Tipul ruptorului după curentul nominal	
	RMC 80	RMC 150
Tensiunea nominală în c.c., V	220	750
Curentul nominal, A	80	150
Tensiunea de serviciu în c.c., V	24, 110, 220	
Rezistența la uzură mecanică, conectări	300 000	
Capacitatea de rupere, A, la $U=1,1U_n$		
și $\frac{L}{R}=5$ ms	200	375
Capacitatea de închidere a contactelor		
auxiliare la $\frac{L}{R}=5$ ms, A	2 la 24 V; 1 la 110 V; 0,5 la 220 V	
Rezistența la uzură electrică, conectări	30 000	
Frecvența de conectare, conectări pe oră	300	
Durata de conectare, %	40 și 100	
Sistemul de stingere al arcului electric	Suflaj magnetic	
Numărul de contacte auxiliare	1 ND+2 NI	1 ND+1 NI

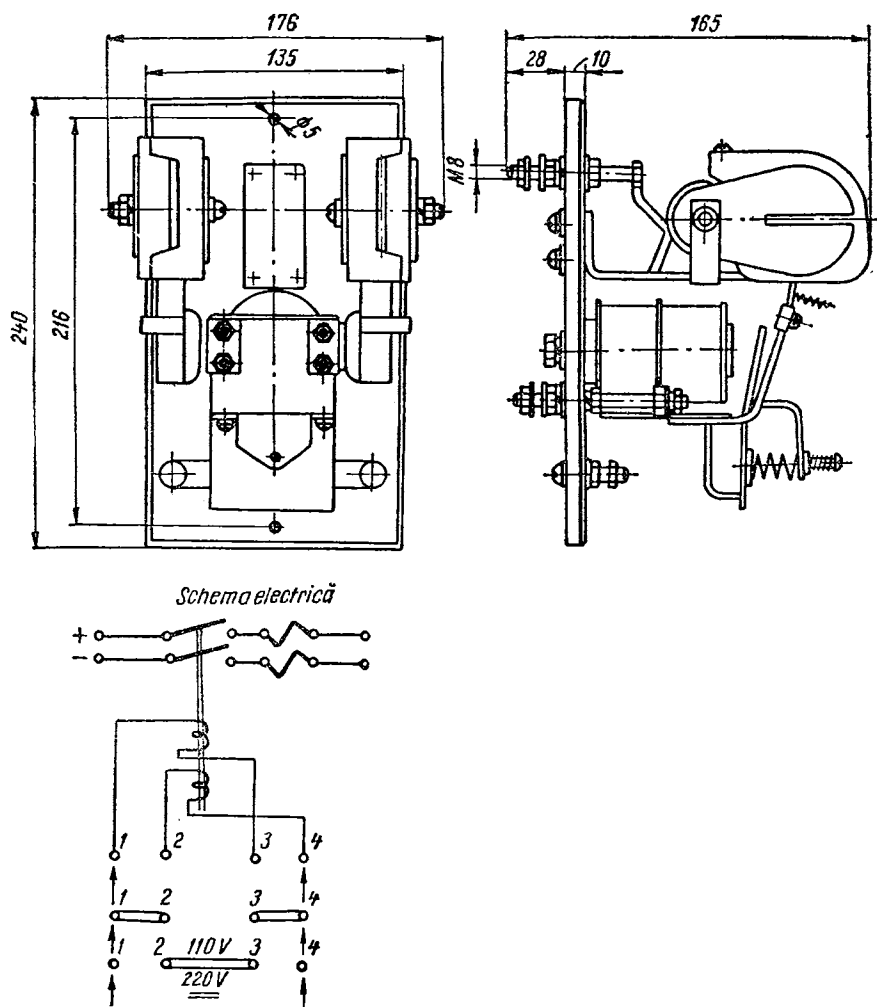


Fig. 3-14. Contactor BC-60.

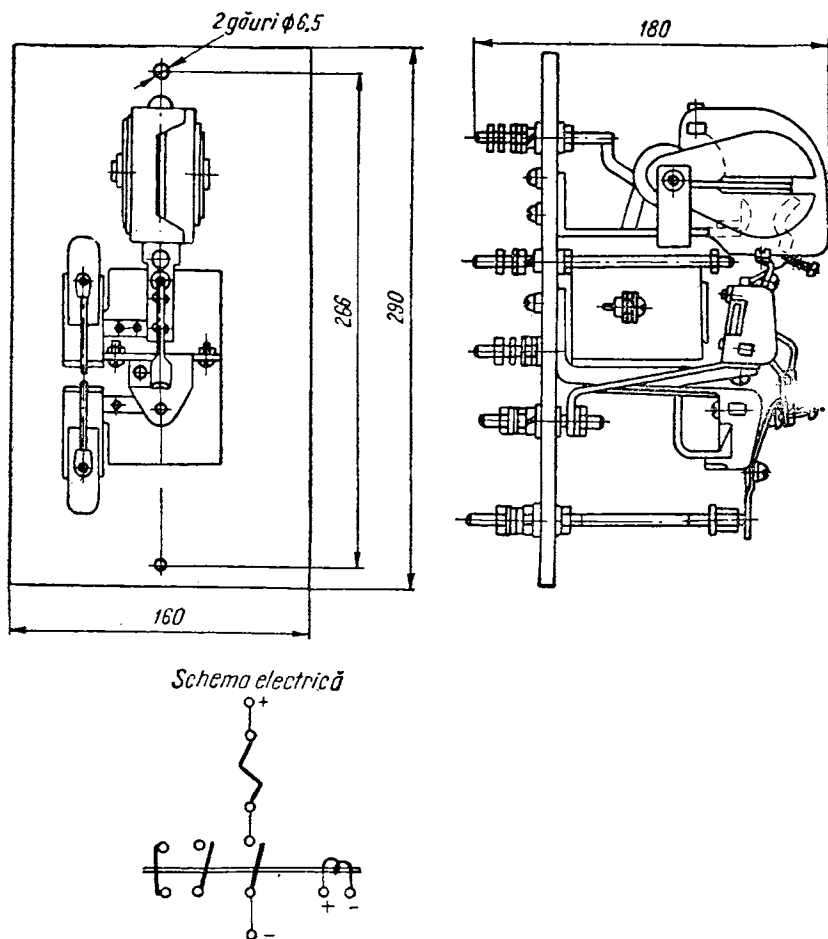


Fig. 3-15. Contactor MC-80.

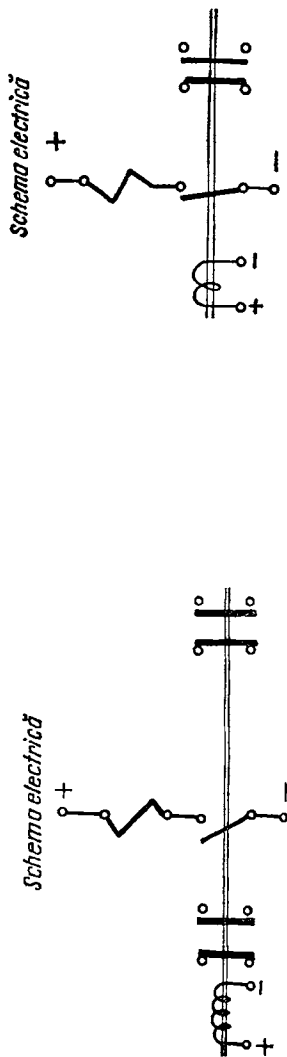
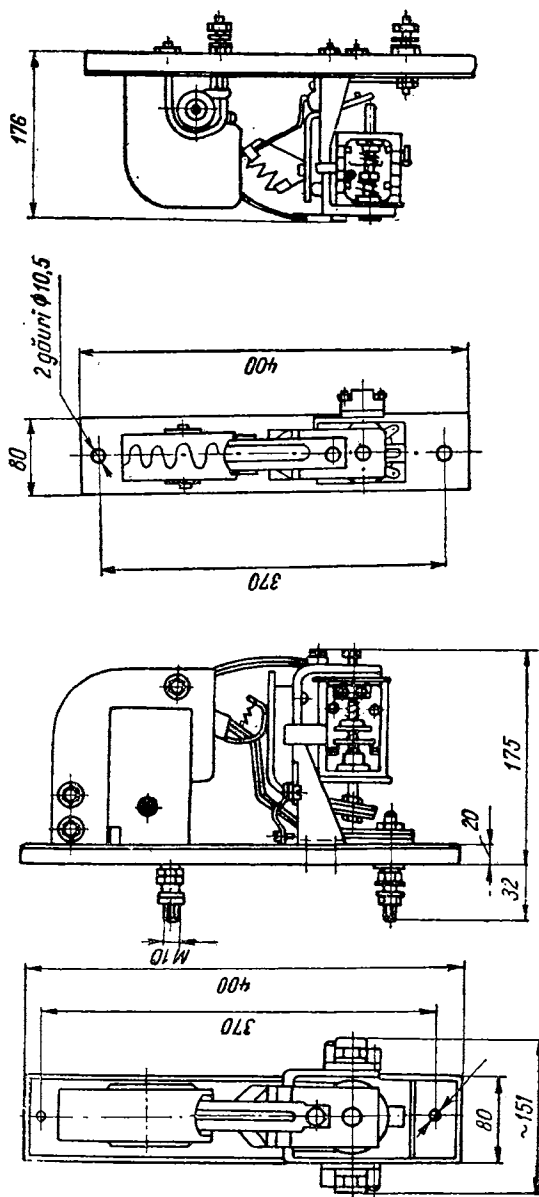


Fig. 3-17. Contactor MC-150.

Fig. 3-16. Contactor MC-100.

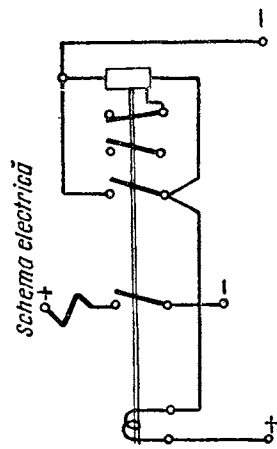
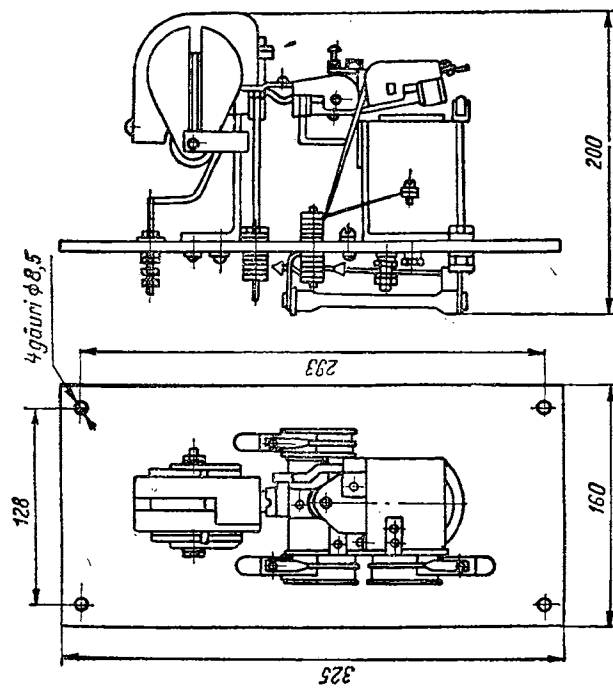


Fig. 3-18. Ruptor RMC-80.

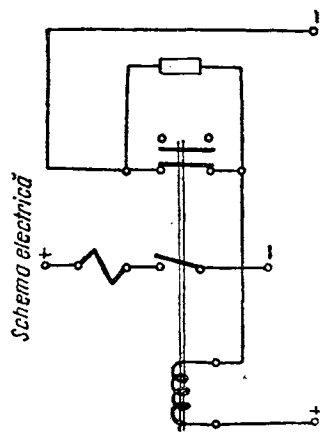
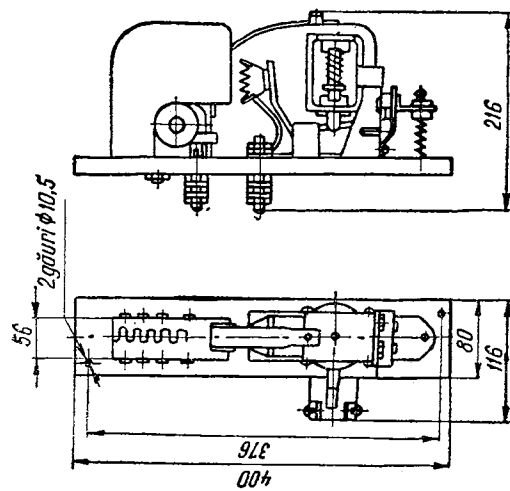


Fig. 3-19. Ruptor RMC 150.

C. APARATE DE PROTECȚIE

a. *Siguranțe fuzibile.* Acestea sînt de diferite tipuri.

Siguranțele unipolare cu filet se fabrică în tipul LS, cu legături în spate (fig. 3-20), și în tipurile LF (fig. 3-21) și LFI (fig. 3-22), cu legături în față; caracteristicile soclurilor sînt date în tabela 3-9.

Tabela 3-9. Caracteristicile și dimensiunile soclurilor siguranțelor unipolare cu filet

a) Pentru siguranțele LS (v. fig. 3-20)

Mărimea	Curentul nominal A	Filetul	Cotele în mm:				
			<i>a</i> max	<i>d</i>	<i>m</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
LS 25	25	E-27	56	M5	50	13	14
LS 60	60	E-33	65	M6	50	16	18
LS 100	100	G 1 1/4"	86	M8	60	12	22

b) Pentru siguranțele LF (v. fig. 3-21)

Mărimea	Curentul nominal A	Filetul	Cotele în mm:					Greutatea kg
			<i>D</i> ₁ min.	<i>D</i> ₂ min.	<i>a</i> min.	<i>b</i> max.	<i>d</i>	
LF 25	25	E-27	34	25,5	56	80	145	0,25
LF 60	60	E-33	45	31	70	110	146	0,54
LF 100	100	G 1 1/4"	58	40	85	140	148	—

c) Pentru siguranțele LFI (v. fig. 3-22)

Mărimea	Curentul nominal A	Filetul	Dimensiuni, în mm:					
			<i>D</i> max	<i>a</i> max	<i>b</i> max	<i>e</i>	<i>l</i>	<i>m</i>
LFI 25	25	E-27	47	38	58	50	37	26
LFI-60	60	E-33	60	49	49	55	34,6	34
LFI-100	100	G 1 1/4"	83	67	67	83	53	53

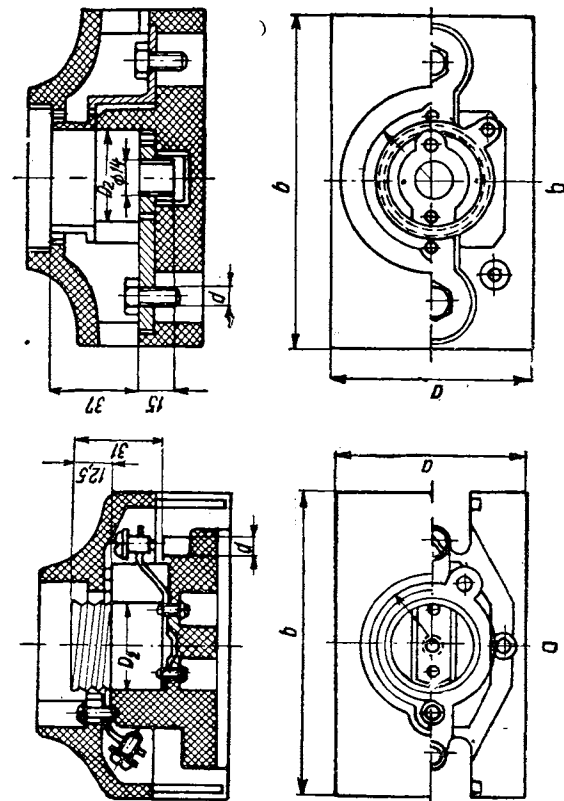
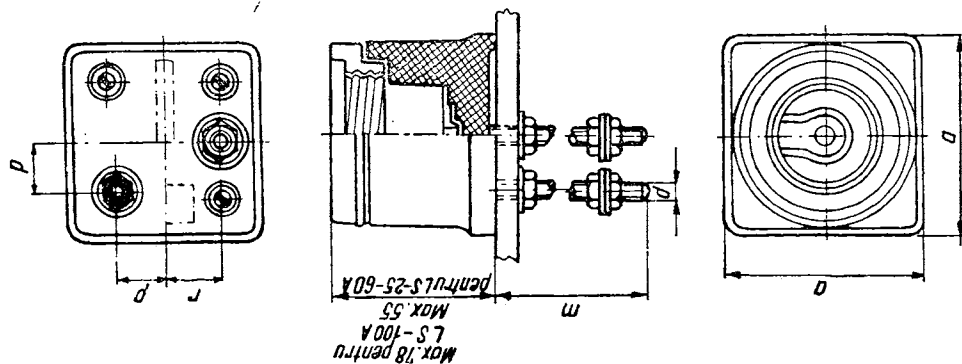


Fig. 3-21. Siguranțe unipolare LF:
a — de 25 și 60 A; b — de 100 A.

Fig. 3-20. Siguranțe unipolare LS de 25, 60, 100 A.

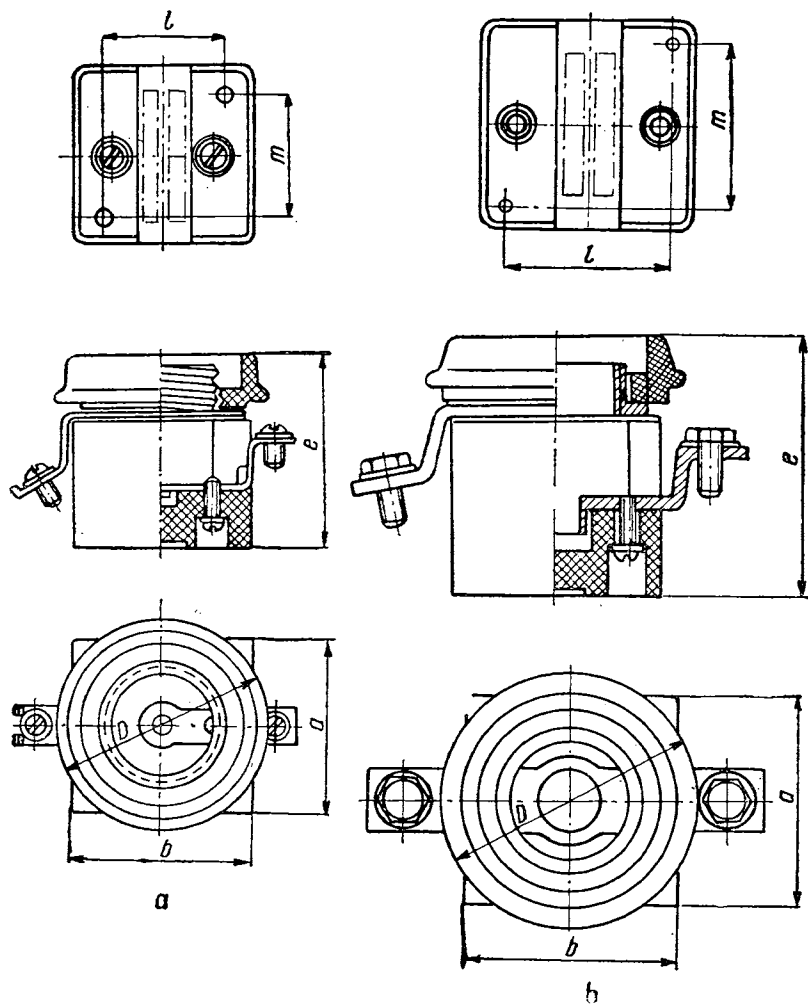


Fig. 3-22. Siguranță unipolară LFI:
 a — de 25 și 60 A; b — de 100 A.

Siguranțele unipolare cu miner se fabrică în următoarele mărimi:

— de 200 A (fig. 3-23) cu fuzibile lamelare din zinc pentru 100, 125, 160 și 200 A;

— de 350 A (fig. 3-24) cu fuzibile lamelare din zinc pentru 100, 125, 160, 200, 225, 260, 300 și 350 A;

— de 200 A (fig. 3-25) cu fuzibile din sîrmă de argint pentru 60, 80, 100, 125, 160 și 200 A, fiind echipate cu miner tubular de porțelan.

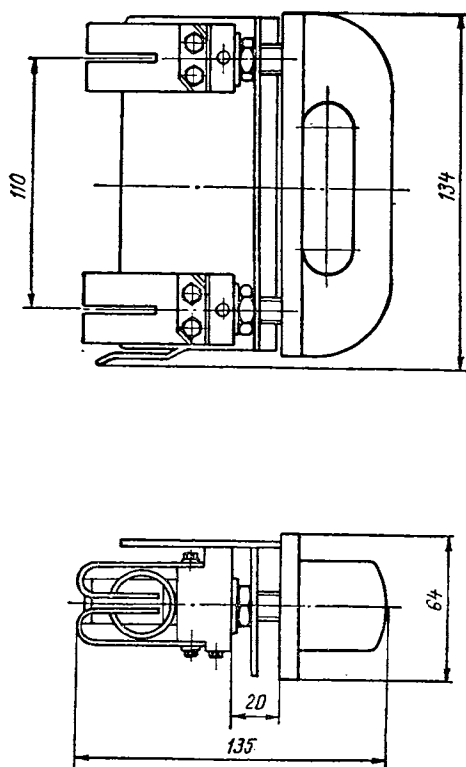


Fig. 3-23. Siguranță cu miner de 200 A.

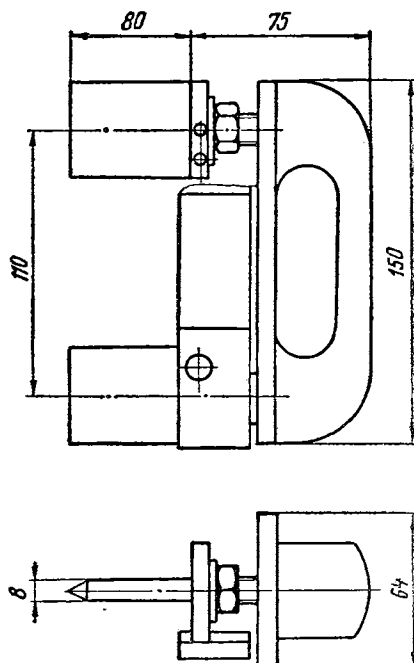


Fig. 3-24. Siguranță cu miner de 350 A.

Prin STAS 4173-53 se stabilesc următoarele condiții de topire a fuzibilelor: să nu se topească timp de o oră la sarcina de $1,3 I_n$ și să se topească în mai puțin de o oră la sarcina de $1,6 I_n$.

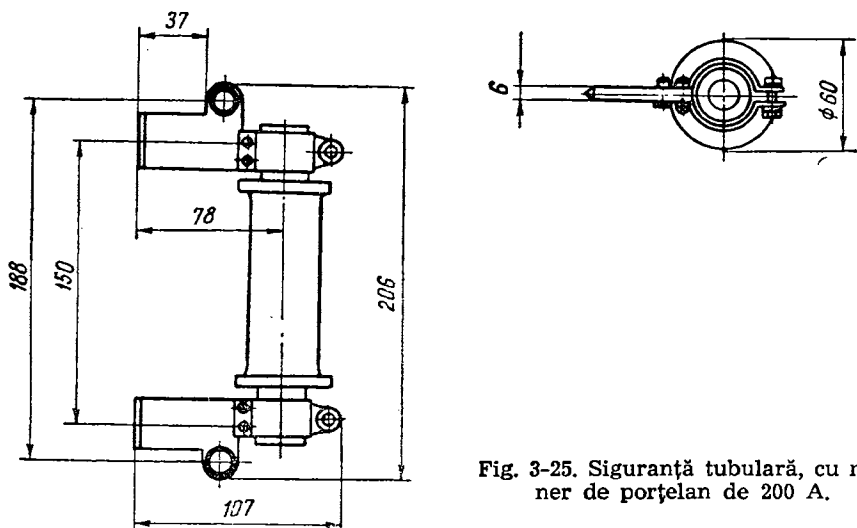


Fig. 3-25. Siguranță tubulară, cu mîner de porțelan de 200 A.

Duratele medii de topire a fuzibilului funcție de valorile curentului sînt următoarele:

Curentul, A	$(1,25 \dots 1,31) I_n$	$1,6 I_n$	$1,8 I_n$	$2,0 I_n$	$2,5 I_n$	$3,0 I_n$	$4,0 I_n$
Durata	—	1 h	20 min	40 s	8 s	4,5 s	2,5 s

Capacitatea de rupere este de 1 kV la $\cos \varphi = 0,6$ sau la $L/R = 0,003$ S pentru circuitele de curent continuu (STAS 4172-53 și 4173-53).

Siguranțele cu mare putere de rupere (M.P.R.) sînt prevăzute cu un tip special de element fuzibil, format dintr-o bandă cu profil U sau L, avînd cîteva strangulări în lungul ei (ceea ce asigură divizarea și stingerea rapidă a arcului electric); pot rupe curenți cu valori pînă la 100 kA.

Dimensiunile de gabarit ale acestor siguranțe sînt date în fig. 3-26, și tabela 3-10. Caracteristicile de topire ale siguranțelor cu mare putere de rupere sînt date în fig. 3-27.

Tabela 3-10. Dimensiunile de gabarit ale siguranțelor M.P.R.

Curentul nominal A	Cotele, în mm						V. fig. 3-26:
	a	b	c	d	e	f	
160	135	65	25	50	—	45	a
250	127	58	25	50	—	—	b
315	150	65	32	60	—	52	a
400	161	60	35	61,1	—	—	b
630	154	68	41	—	68	62	c

b. *Blocuri de relee*. Acestea sînt folosite pentru protecția motoarelor împotriva suprasarcinilor și a scurtcircuitelor; corespund prescripțiilor STAS 4196-53 și 4480-61.

Releele termice și electromagnetice sînt grupate în blocuri, numărul releelor fiind legat de numărul circuitelor ce trebuie protejate; pe lângă releele respective, blocul conține și mecanismul pentru deconectarea contactului principal, mecanism acționat de releele din bloc.

Pentru releele termice se impun următoarele condiții:

- la un curent cu 5% mai mare decît valoarea reglată, nu trebuie să acționeze timp de 2 h;
- la un curent cu 20% mai mare decît valoarea reglată trebuie să acționeze în timp de 1 h;
- la un curent cu 50% mai mare decît valoarea reglată trebuie să acționeze în timp de 2 min.

Blocul cu relee termice de 10 A dat în fig. 3-28 are următoarele caracteristici mai importante: tensiunea nominală 500 V; curentul nominal 10 A; numărul de relee termice, reglabile între 0,6 și 1 I_n , 3 buc. (în care I_n poate fi de 1, 1,5, 2, 3, 5, 7,5 sau de 10 A).

Releele termice, tripolare, de 25 A (fig. 3-29) au următoarele caracteristici mai importante: tensiunea nominală 500 V; curentul

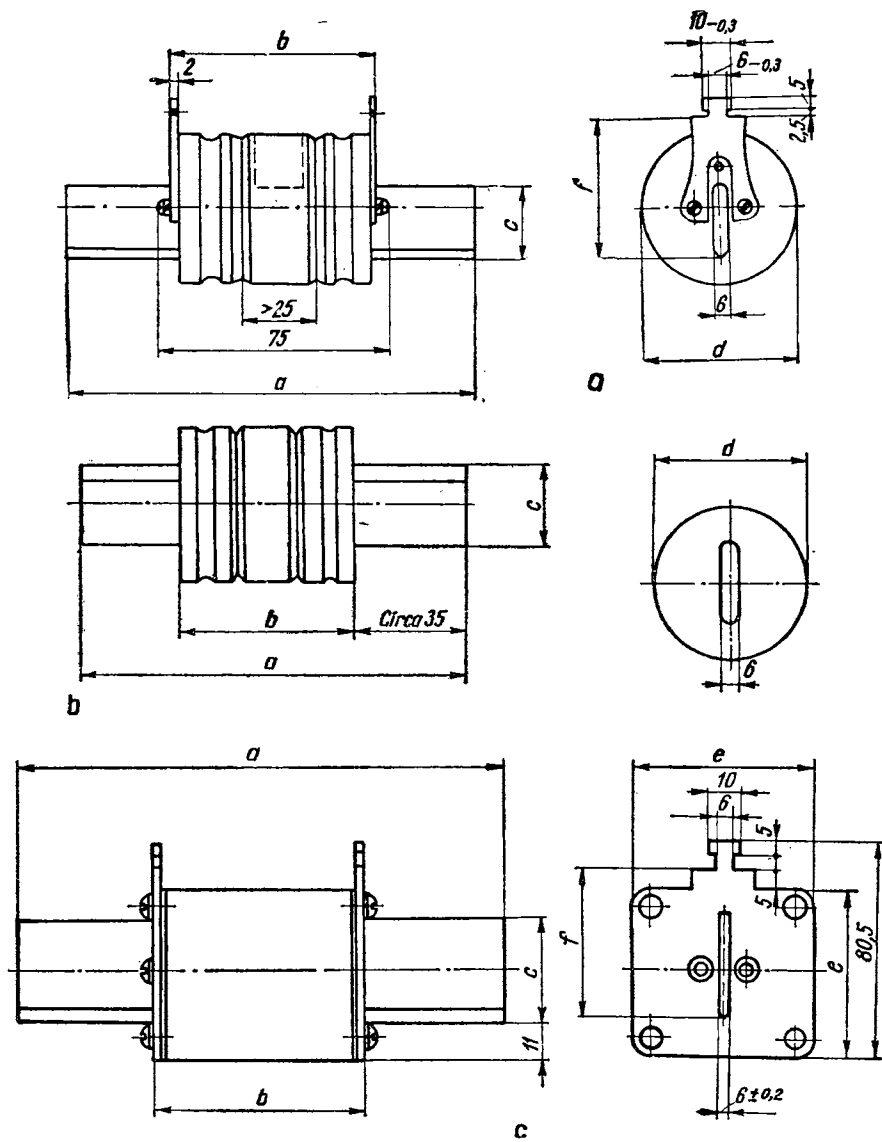


Fig. 3-26. Siguranță M.P.R.:
 a — de 200, 250 și 315 A; b — de 400, 500 și 630 A.

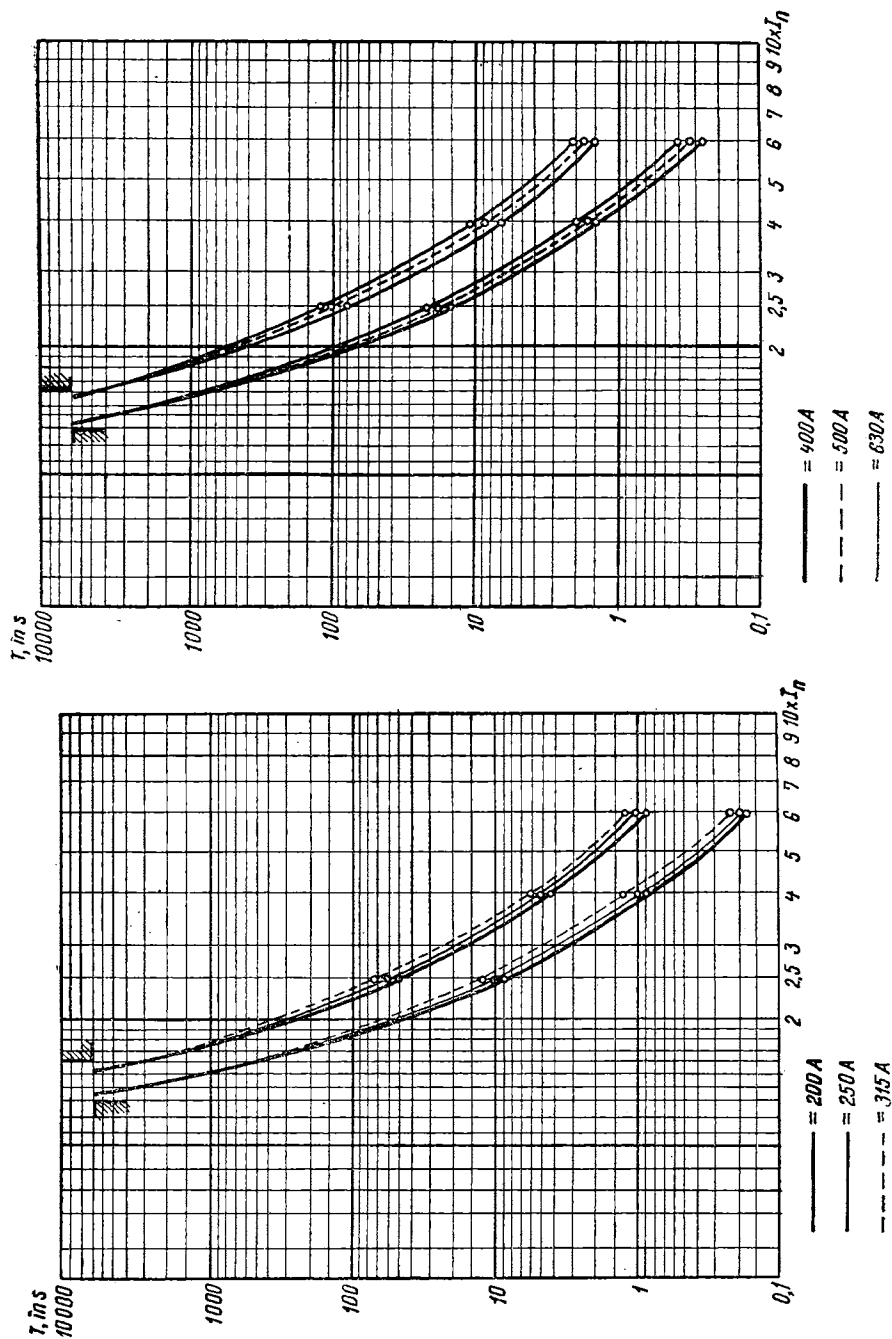


Fig. 3-27. Caracteristicile de topire a siguranțelor M.P.R.
(familiile de curbe de jos sint pentru siguranțe rapide).

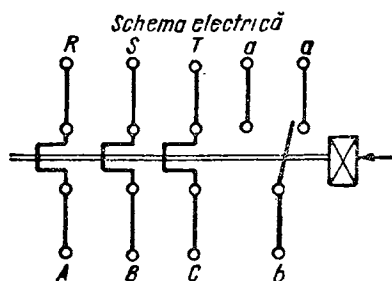
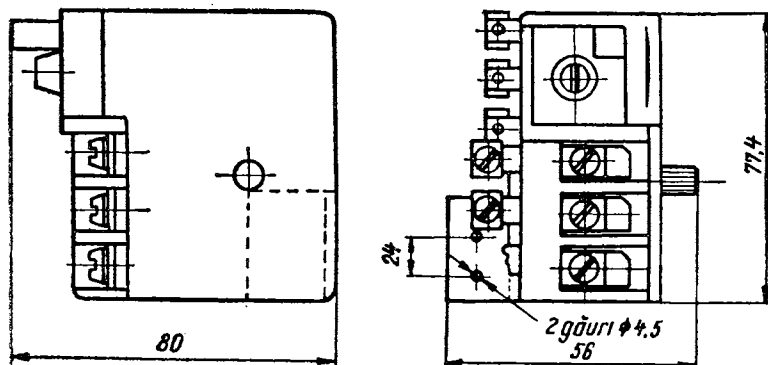
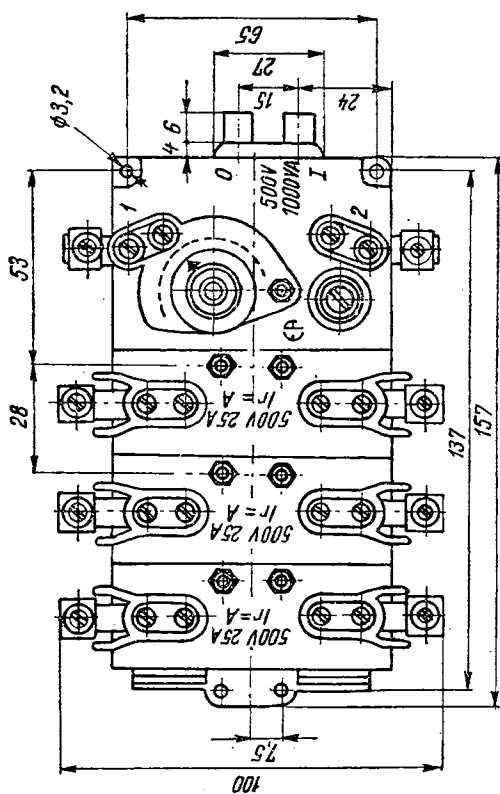


Fig. 3-28. Bloc cu rele termice de 10 A.

nominal 25 A; rele termice pentru: 1, 1,5, 2, 3, 5, 7, 7,5, 10, 15, 20 și 25 A; stabilitatea termică a releelor: I_n la 2 s; contactul zăvorului: în c.a. 1 000 A la $\cos \varphi = 0,8$ și $U = 500$ V; în c.c. 110 W la $\frac{L}{R} = 0$ și $U = 250$ V.

c. *Contactoare cu rele.* Acestea se folosesc pentru comanda și protecția motoarelor electrice; în majoritatea cazurilor sînt echipate numai cu rele termice. În țară se fabrică două tipuri de contactoare prevăzute cu rele:

- în ulei: DITU de 25 A (fig. 3-30), de 63 A (fig. 3-31) și de 100 A (fig. 3-32);
- în aer: DITA de 25; de 60, de 100 și de 200 A.



Schema electrică

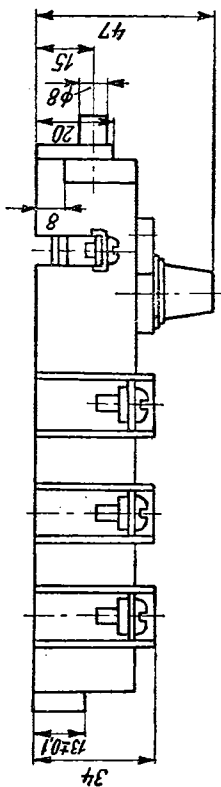
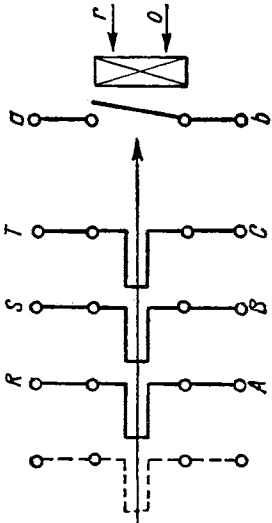


Fig. 3-29. Bloc cu relee termice de 25 A.

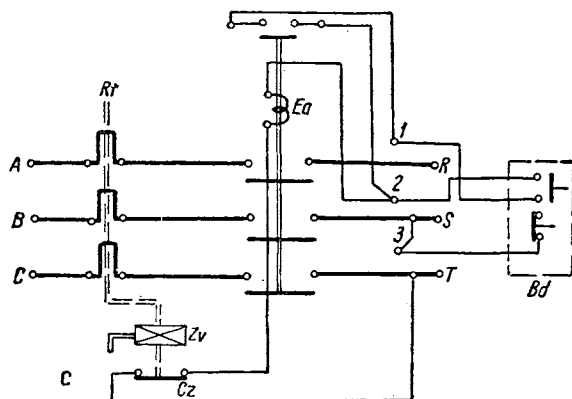
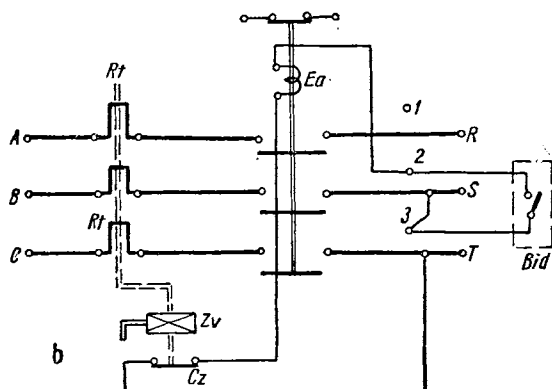
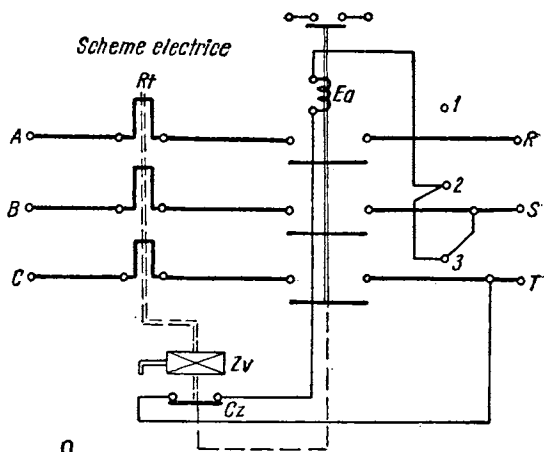
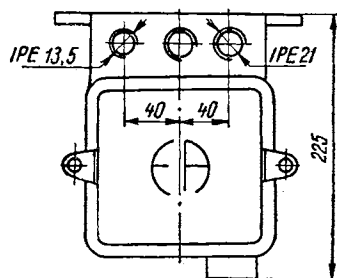
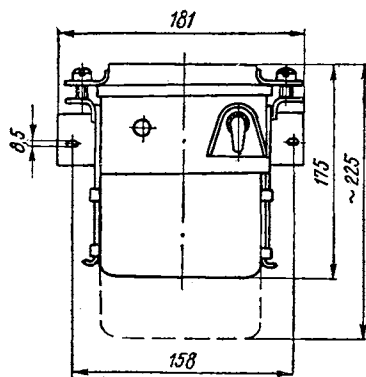
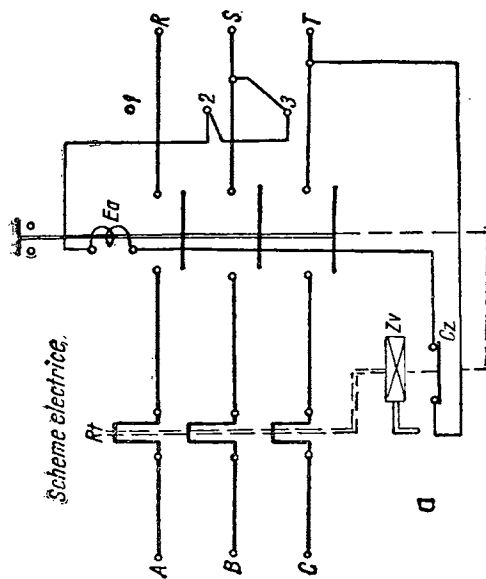
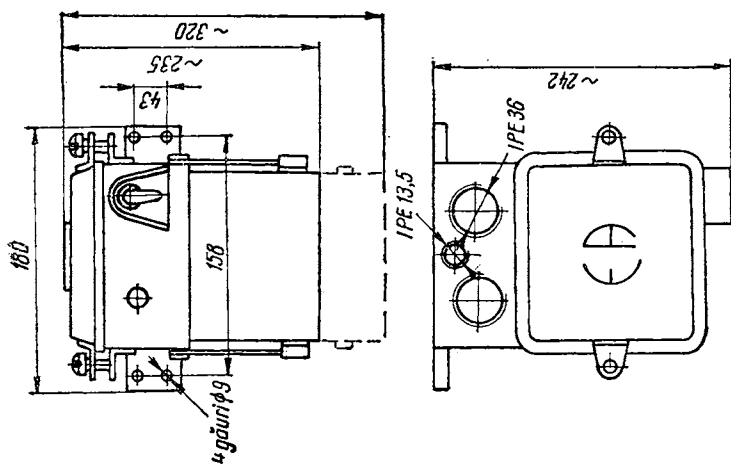


Fig. 3-30. Contactor în ulei, cu rele, DITU de 25 A, cu schemele electrice:
 a — pentru comanda de pe aparat; b — pentru comanda de la distanță prin buton simplu închis-deschis; c — idem, prin buton dublu.



D

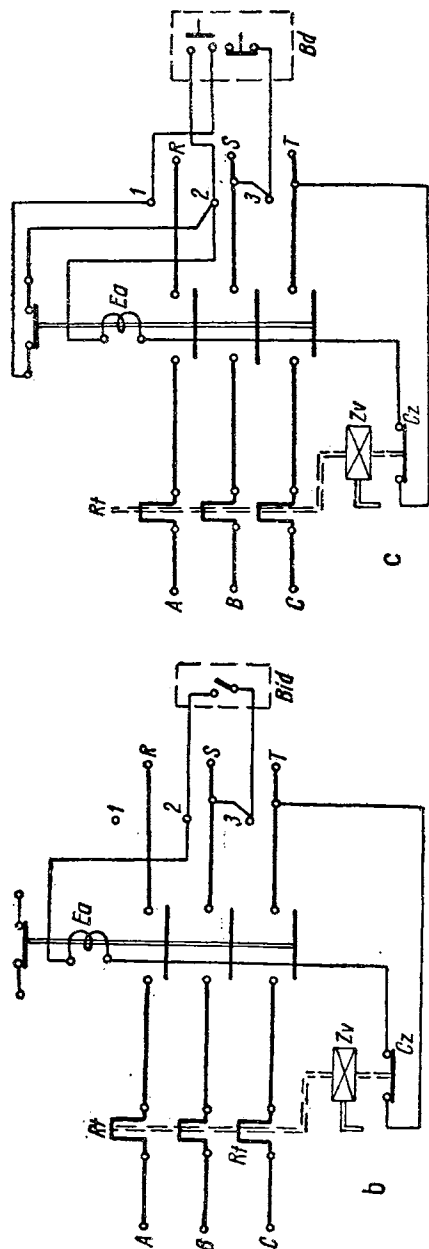
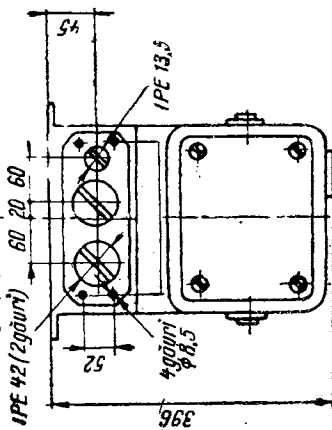
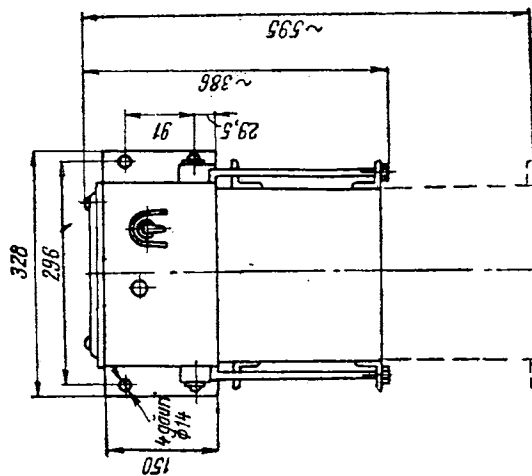
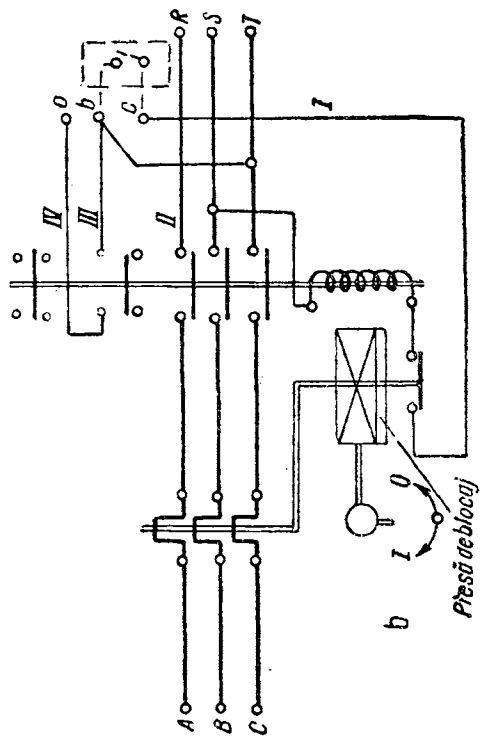
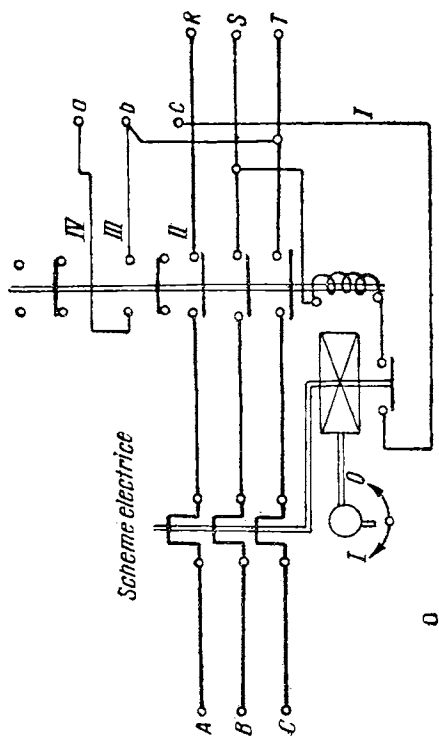


Fig. 3-31. Contactor în ulei, cu relee DITU de 63 A, cu schemele electrice:

a — pentru comanda de pe aparat; *b* — pentru comanda de la distanță prin buton simplu închis-deșchis; *c* — idem, prin buton dublu.



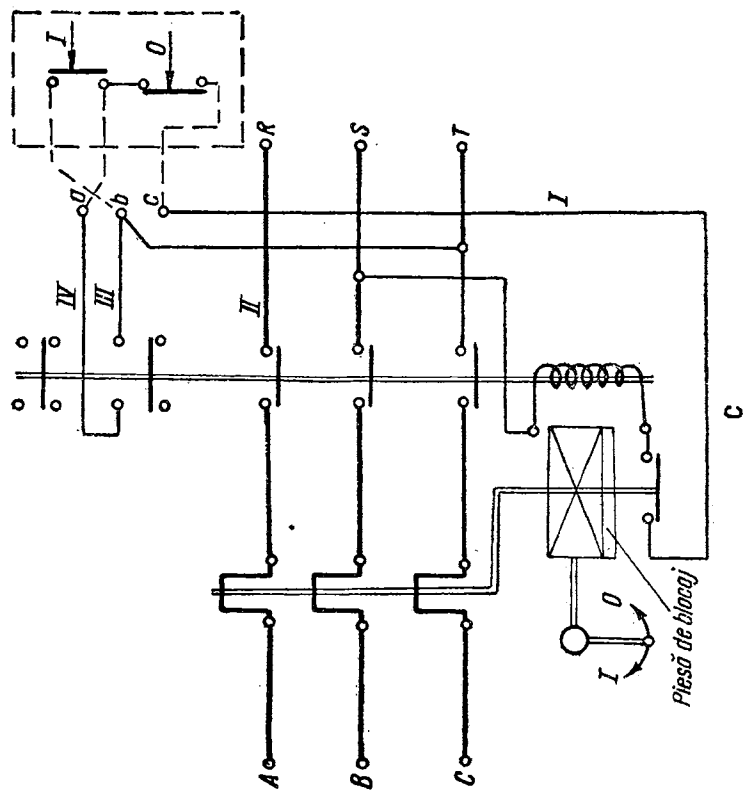


Fig. 3-32. Contactor în ulei, cu releu, DITU de 100 A, cu schemele electrice:

a — pentru comanda de pe aparat; *b* — pentru comanda de la distanță cu buton simplu închis-deschis; *c* — idem, prin buton dublu.

În tabela 3-11 se arată caracteristicile principale ale contactoarelor în ulei, cu relee.

Tabela 3-11. Caracteristicile principale ale contactoarelor în ulei cu relee DITU de 25—100 A (După STAS 553-60)

Caracteristica	Contactorul		
	DITU 25	DITU 63	DITU 100
Tensiunea nominală, în c.a., V	500	500	500
Curentul nominal, A	25	63	100
Tensiunile de serviciu, V	120, 220	380 și 500	
Curenții de serviciu I_s , A	1; 1,5; 2; 3,5 7,5; 10; 15; 20; 25	40, 63	40; 60; 80; 100
Reglajul releelor termice		$(0,6...1) \times I_s$	
Capacitatea de rupere la $\cos \varphi = 0,4$, A	300	630	800
Reglajul releelor electromagnetice*)	$10 \times I_s$	$8 \times I_s$	$8 \times I_s$
Frecvența de conectare fără protecția prin rele termice, conectări pe oră	120	150	120
Rezistența la uzură mecanică, manevrări		100 000	
Gradul de protecție	IP 432	IP 432	IP 432

*) La fabricația actuală de la Electroaparataj s-a renunțat la aceste relee.

În tabelele 3-12 și 3-13 sînt date caracteristicile principale ale contactoarelor cu relee DITA de 10, 25, 60, 100 și 200 A. În fig. 3-33 și 3-34 sînt date dimensiunile și schemele unor tipuri uzuale.

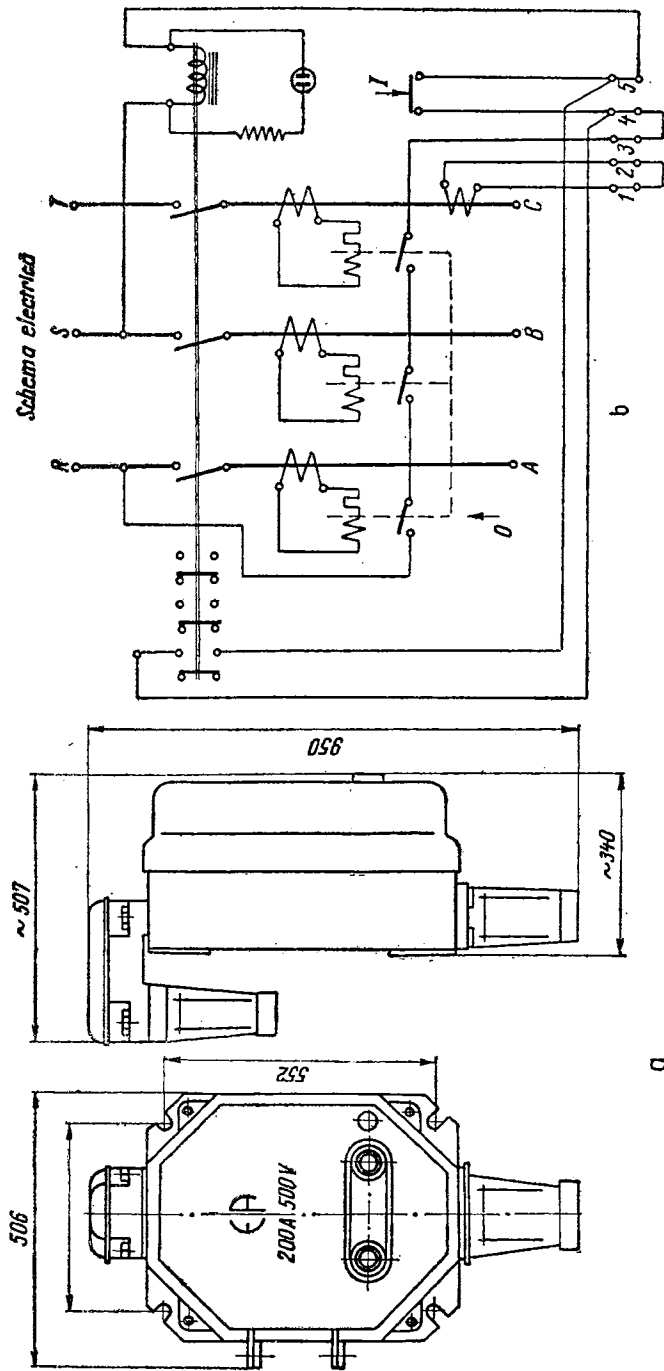
d. *Întrerupătoare automate*. Aceste aparate se folosesc pentru manevre, precum și pentru protecția motoarelor, a transformatoarelor și a liniilor și conductoarelor electrice împotriva curenților de suprasarcină sau a curenților de scurtcircuit; declanșarea se face automat sub acțiunea releelor.

Releele cu care sînt echipate întrerupătoarele automate sînt de suprasarcină (termobimetalice), de scurtcircuit (electromagnetice) și de tensiune minimă sau nulă (electromagnetice).

În țara noastră se fabrică tipurile de întrerupătoare tripolare cu contacte în aer DITA de 350 și de 1 000 A; construcția lor este conform STAS 4480-61.

Tabela 3-12. Caracteristicile contactoarelor DITA de 10—200 A

Caracteristica	DITA 10	DITA 25	DITA 60	DITA 100	DITA 200
Tensiunea nominală, V			500		
Curentul nominal, A	10	25	60	100	200
Tensiunile de serviciu, V			120 ; 220 ; 380 ; 500		
Curenții de serviciu I_s , A	1; 1,5 ; 2; 3; 5; 7,5; 10	1; 1,5; 2; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25	40 ; 60	80 ; 100	200
Relee Reglajul releelor termice Reglajul releelor electromagnetice	Termice —	Termice și electromagnetice (0,6—1) $\times I_s$ (5—10) $\times I_s$ (7—12) $\times I_s$			
Capacitatea de rupere la $\cos \varphi=0,4$, A	80	400	1 000	1 200	3 200
Frecvența de conectare, conectări pe oră	600	750	600	600	600
Durata de conectare, %			40 ; 100		
Rezistența la uzură mecanică, manevrări			100 000		
Contactele auxiliare			2ND+2NI 2ND+2NI 2ND+3NI 3ND+3NI 2ND+2NI		
Gradul de protecție			IP 43 (în carcasă din tablă)		



a

Fig. 3-34. Contactor în aer, cu releu, DITA de 200 A:
a — dimensiuni de gabarit; b — schema electrică.

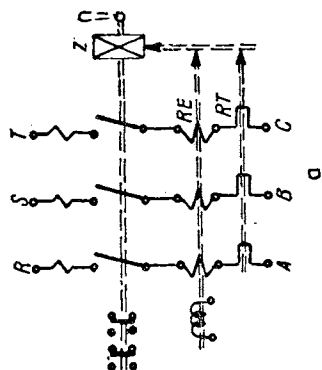
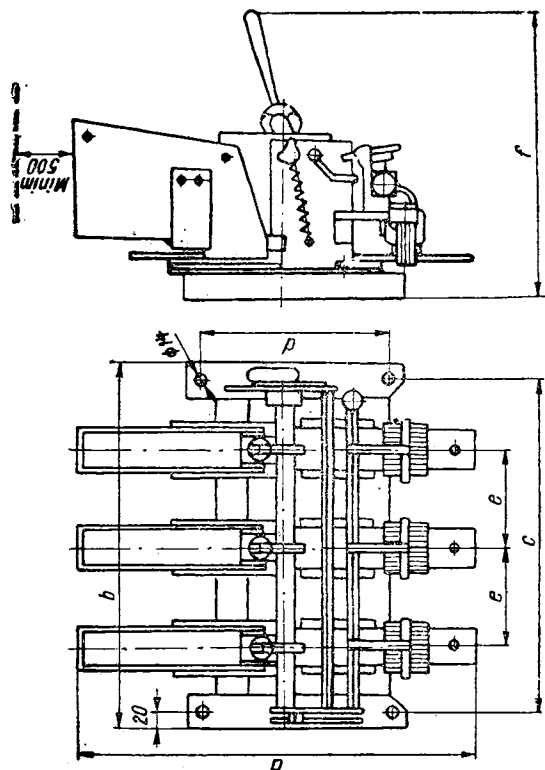
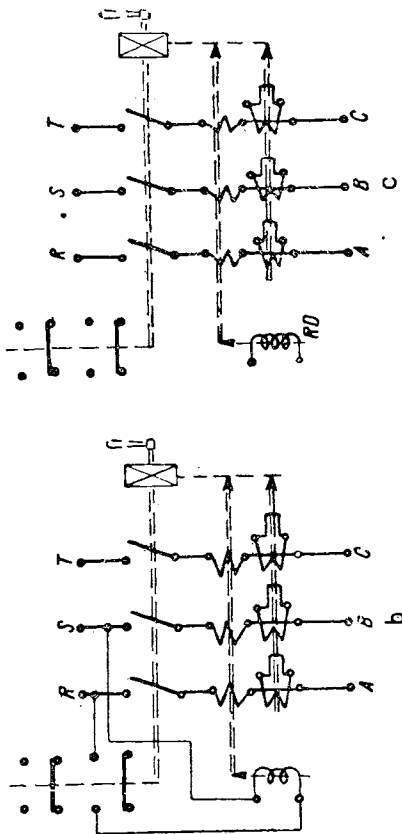


Fig. 2-25. Întrerupător automat DITA de 350 sau 1 000 A, cu schemele electrice:

a — pentru 350 A; b — pentru 1 000 A (protecție motoare) c — pentru 1 000 A (protecție linii).



În tabelele 3-14, 3-15 și în fig. 3-35 se dau dimensiunile de gabarit, caracteristicile și schemele electrice ale întrerupătoarelor automate DITA.

Tabela 3-13. Dimensiunile de gabarit ale contactoarelor cu relele DITA de 25—100 A (v. fig. 3-33)

Tipul	Cotele, în mm			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d₁/d₂</i>
DITA 25	236	336	190	265/165
DITA 60	326	410	210	345/225
DITA 100	391	476	222	345/225

Tabela 3-14. Dimensiunile de gabarit ale întrerupătoarelor automate în aer DITA de 350 și de 1 000 A (v. fig. 3-35)

Tipul	Cotele, în mm					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
DITA 350	450	312	272	150	75	490
DITA 1000	525	505	465	290	130	490

Tabela 3-15. Caracteristicile întrerupătoarelor automate DITA de 350 și de 1 000 A

Caracteristica	DITA 350	DITA 1000
Tensiunea nominală în c.a., V	350	500
Curentul nominal, A	100, 200, 350	600, 1 000
Curenți de serviciu I_s , A	Termice, electromagnetice și de tensiune nulă	
Relee	(0,6 ... 1) I_s	
Reglajul releelor termice	(7 ... 12) I_s	
Reglajul releului electromagnetic:	(3 ... 6) I_s	
— pentru motoare		
— pentru linii		

Tabela 3-15 (continuare)

Caracteristica	DITA 350	DITA 1000
Frecvența de conectare, conectări pe oră	1 (accidental pînă la 30) 24, 120, 220, 380, 500)	
Tensiunea de serviciu a releului de tensiune nulă, V	10 000	
Rezistența la uzură mecanică, manevrări		
Capacitatea de rupere, A		
— pentru motoare, la $\cos \varphi=0,4$	3 000	8 000
— pentru linii, la $\cos \varphi=0,7$	15 000	30 000
Capacitatea de rupere a contactelor auxiliare, A:		
— în c.a. la 500 V și $\cos \varphi=1$	6	
— idem, și $\cos \varphi=0,2$	1	
— în c.c. la 220 V	0,5	
La electromagnetul de acționare:		
— tensiunea nominală, în c.c., V	220	
— curentul absorbit, A	10	
— timpul de conectare maxim al electromagnetului, s	0,5	
— frecvența de conectare maximă, conectări pe oră	120	

D. APARATAJ DIVERS

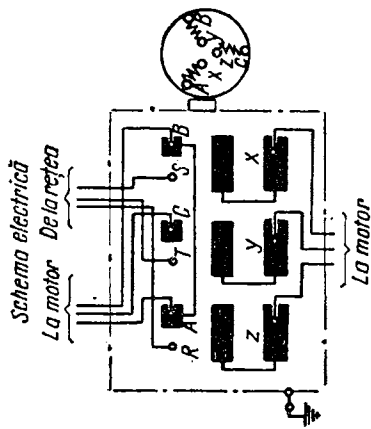
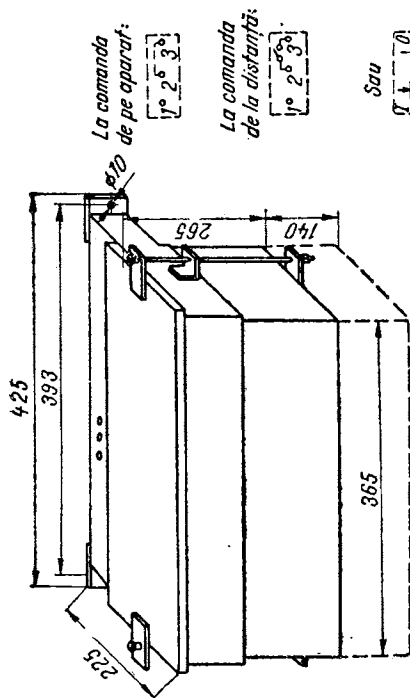
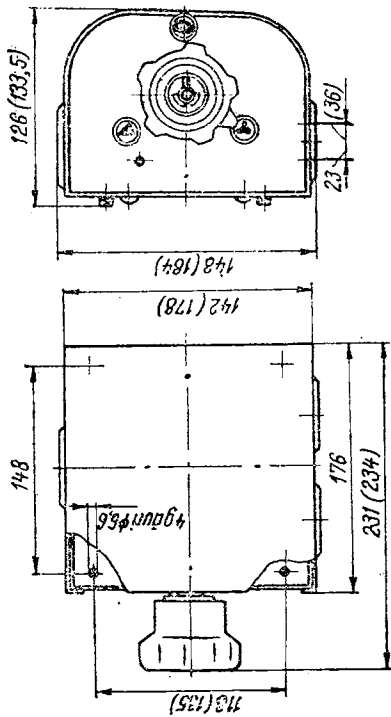
a. *Comutatoare stea-triunghi*. Se folosesc, în mod curent, manuale tip Electroaparataj de 25 și de 60 A (fig. 3-36, a) și automate tip I.A.E.C. de 40 A (fig. 3-36, b) și de 100 A (fig. 3-36, c).

b. *Lămpi de semnalizare și control*. Se fabrică diferite tipuri.

Lampa de semnalizare tip 3 CST (fig. 3-37, a) se montează în-gropat, în panouri cu grosimea plăcii pînă la 40 mm; diametrul găurii de încastrare este de $31 \pm 0,5$ mm. Lampa este prevăzută cu dispersor de diferite culori (roșu, galben, verde sau incolor); se folosește cu un bec de maximum 250 V și 15 W.

Lampa de semnalizare tip LS (fig. 3-37, b) necesită ca grosimea panoului în care se montează să fie de cel mult 15 mm; locașul din panou trebuie să aibă diametrul de 31 ± 5 mm. Lampa se folosește cu un bec de maximum 250 V și 15 W. Dispersorul se produce în trei culori diferite; roșu — la tipul LS-R, verde — la tipul LS-V și galben — la tipul LS-T.

Caseta de semnalizare tip 2 CST (fig. 3-38) necesită ca grosimea panoului în care se fixează să fie de maximum 35 mm; locașul din



Schema electrică

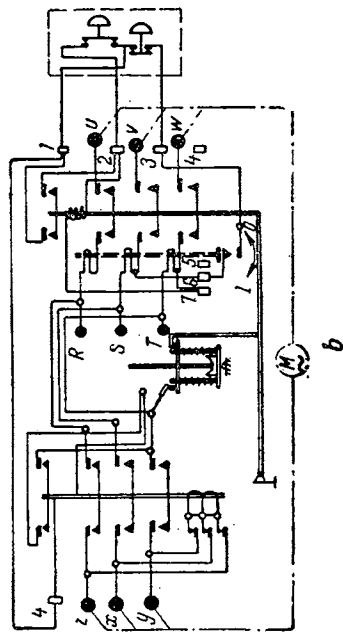


Fig. 3-36. Comutatoare stea-triunghi:
a — manual, de 25 A (și de 60 A); b — automat, de 40 A;

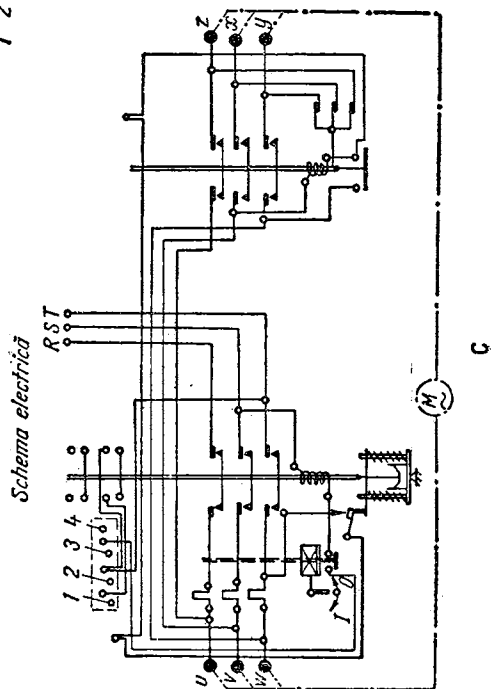
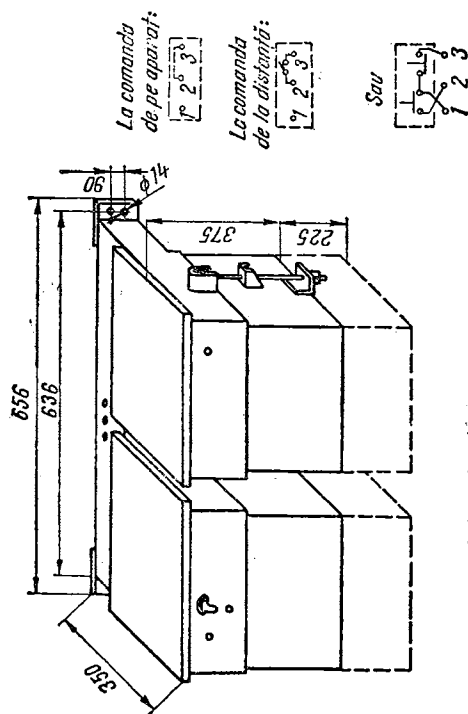


Fig. 3-36. Comutatoare stea-triunghi:
c — idem, de 100 A.

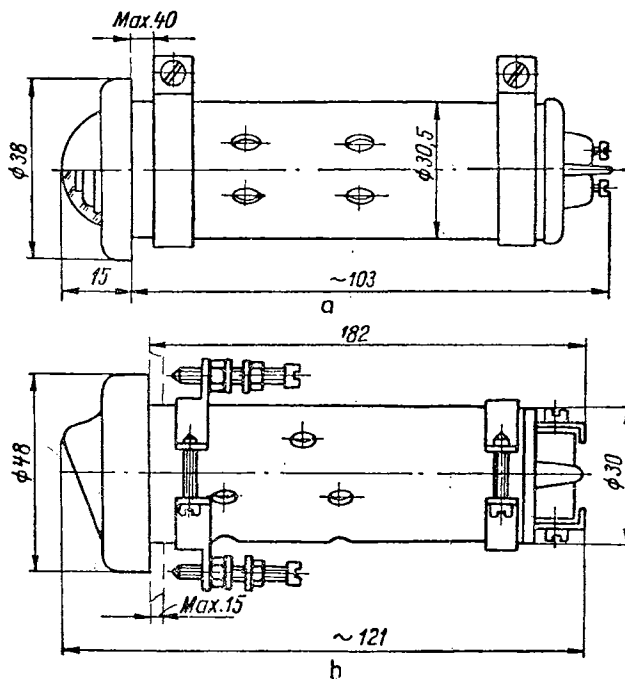


Fig. 3-37. Lămpi de semnalizare:
a — tip 8 CST; b — tip LS.

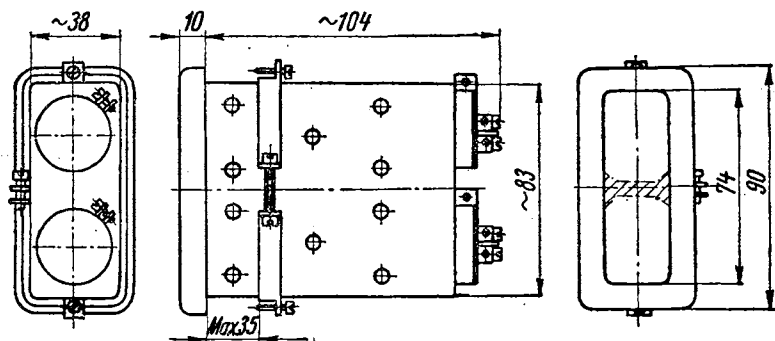


Fig. 3-38. Casetă de semnalizare tip 2 CST.

Tabela 3-16. Caracteristicile

Categoria	Tipul	Felul curentului	Gama de funcționare
Relee maximale de curent cu temporizare	RT _p C-1	Alternativ	2,5; 3; 4; 6; 8; 10 A
Relee instantanee de curent	RC-1 (maximale de curent)	Idem	0,2—200 A
	RT-1 (maximale de tensiune)	Idem	60—400 V
	RT-2 (minimale de tensiune)	Idem	48—300 V
Relee de timp	RT _p -1	Continuu	12; 24; 48; 110; 220 V
	RT _p -2	Idem	
	RT _p -4	Alternativ	24; 110; 220; 380 V
Relee intermediare	RI-1	Idem	12; 24; 48; 110; 220 V
	RI-2		
	RI-3	Idem	12; 24; 36; 48; 110; 220 V
		Alternativ	100; 125; 220; 380 V

releelor

Numărul și felul contactelor	Capacitatea sau alte condiții pentru contacte	Puterea absorbită	Coeficientul sau timpul de revenire	Cama de temporizare a
1 ND	220 V — 5 A c. a. și c. c. la închidere 220 V — 2 A c. a. numai la întrerupere	30 VA	—	2—10
1 ND 1 NS 1 ND+1 NI	Contactele trebuie să reziste, fără a se de- forma, timp de cel puțin 20 min la un curent de 1 A	0,3 VA la un curent egal cu curentul reglat minim	0,85%	—
1 ND 1 NI 1 ND+1 NI		2 VA la o ten- siune egală cu tensiunea reglată mi- nimă	$\frac{1}{0,85}$	—
1 ND 1 NI 1 ND+1 NI				
1 ND	Contactele trebuie să suporte un curent de 10 A timp de 30 s la reglajul de timp mini- mal și 20 s la regla- jul de timp maximal	60 W	—	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10
1 contact comutator	0,2 A la 380 V c. a. sau la 220 V c. c.	—	—	4...25 8...100 48...600
2 ND 2 NI	Contactele suportă fără să se deformeze un curent de 5 A timp de 20 min	6,5 W	Timpul de revenire, 0,04 s	—
4 ND				
Poate avea 4,6 sau 8 contacte ND sau NI (la alegere)	Curentul de durată prin contacte, 5 A Curentul de închidere. 20 A	8 W la c.c.	—	—
	Curentul la rupere: 8 A la 220 V c. a. 4 A la 125 V c. c. și sarcini rezistive 2,5 A la 125 V c. c. și sarcini inductive	15 VA la c.a		

Categoria	Tipul	Felul curentului	Cama de funcționare
Releul de semnalizare	Rd S-1	Continuu	12; 24; 48; 110; 220 V pentru re- leele de tensiune 0,01; 0,015; 0,025; 0,050; 0,75; 0,10; 0,150; 0,250; 0,500, 1,00 A pentru relele de curent
	Rd S-2	Idem	
	Rd S-3	Idem	

panou trebuie să aibă dimensiunile de $39 \pm 0,5$ mm $\times$ $84 \pm 0,5$ mm. Caseta este prevăzută cu două geamuri de protecție, între care, la necesitate, se poate așeza un film cu inscripții, pentru fiecare compartiment al lămpii. O astfel de casetă servește în special pentru semnalizarea stării de lucru a unui utilaj electric; se echipează cu două becuri pentru maximum 250 V și 15 W.

Lampa de control tip LK (fig. 3-39) se fixează în panouri cu grosimea de cel mult 10 mm; locașul are diametrul de 32 mm. Dispersorul poate fi livrat colorat la cerere. Tipul LK-1 se echipează cu un bec pentru maximum 42 V de 3 sau 5 W, iar tipul LK-2 — cu un bec de aceleași puteri pentru 250 V.

c. *Relee*. Acestea fac parte din categoria aparatelor pentru comenzi discontinue (prin variația unui parametru electric la intrare, se realizează variația în salt a parametrului de la ieșire).

Tabela 3-16 (continuare)

Numărul și f. l. ul contactelor	Capacitatea sau alte condiții pentru contacte	Puterea absorbită	Coefficientul sau timpul de revenire	Gama de temporizare
2 ND	50 W la 220 V c. c. 250 V A la 250 V c. a. Curentul maxim, 1 A timp de 20 min	Releul de ten- siune 2 W la tensiunea nomi- nală Releul de cu- rent 0,4 W la curentul nomi- nal	—	—
2 ND Semnalizează la apariția mărimii de controlat				
Idem, la dis- pariția mări- mii de con- trolat				

Tipurile uzuale de releee sînt prezentate în fig. 3-40...3-46, iar caracteristicile acestora sînt indicate în tabela 3-16.

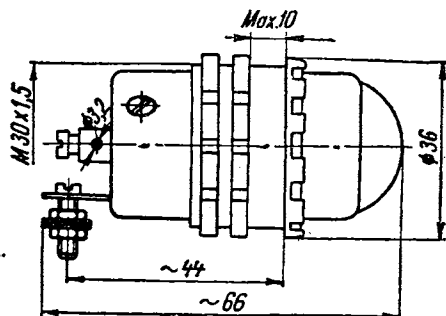


Fig. 3-39. Lampă de control tip LK.

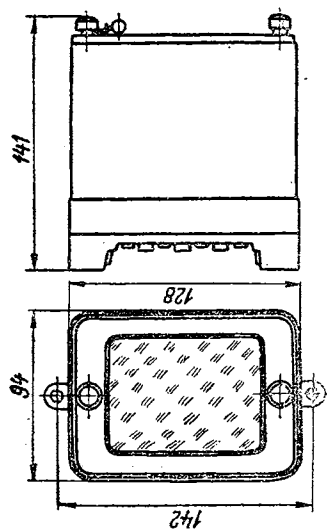


Fig. 3-41. Relee instantanee de curent alternativ RC și RT.

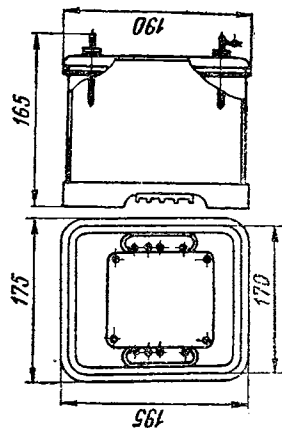
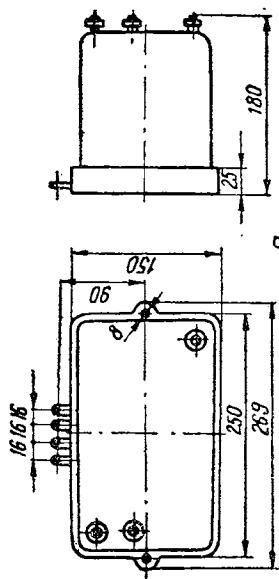
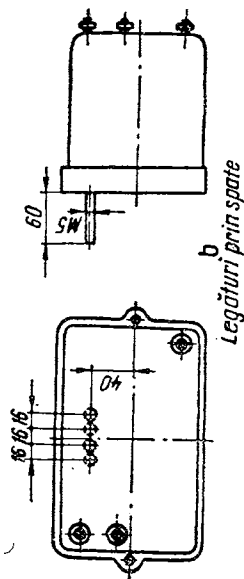


Fig. 3-42. Relee de timp RT_p-1 și RT_p-2.



Legături prin față



Legături prin spate

Fig. 3-40. Releul maximal de curent cu temporizare RT C-1:

a — legături prin față; *b* — legături prin spate.

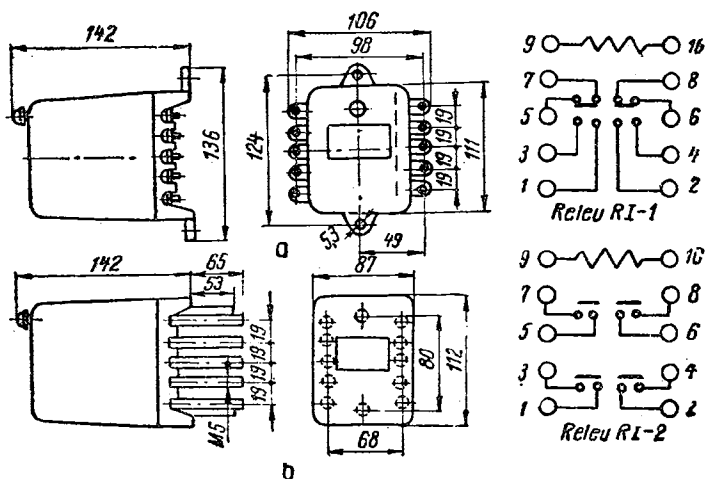


Fig. 3-43. Relee intermediare RI-1 și RI-2, pentru legături:
 a — prin fața tabloului; b — prin spatele tabloului.

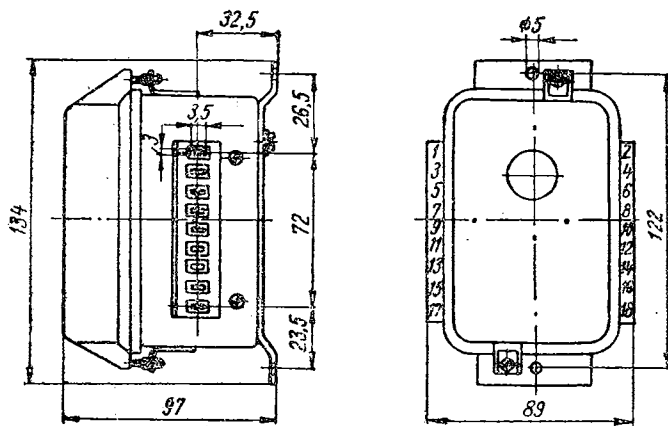


Fig. 3-44. Releul intermediar RI-3.

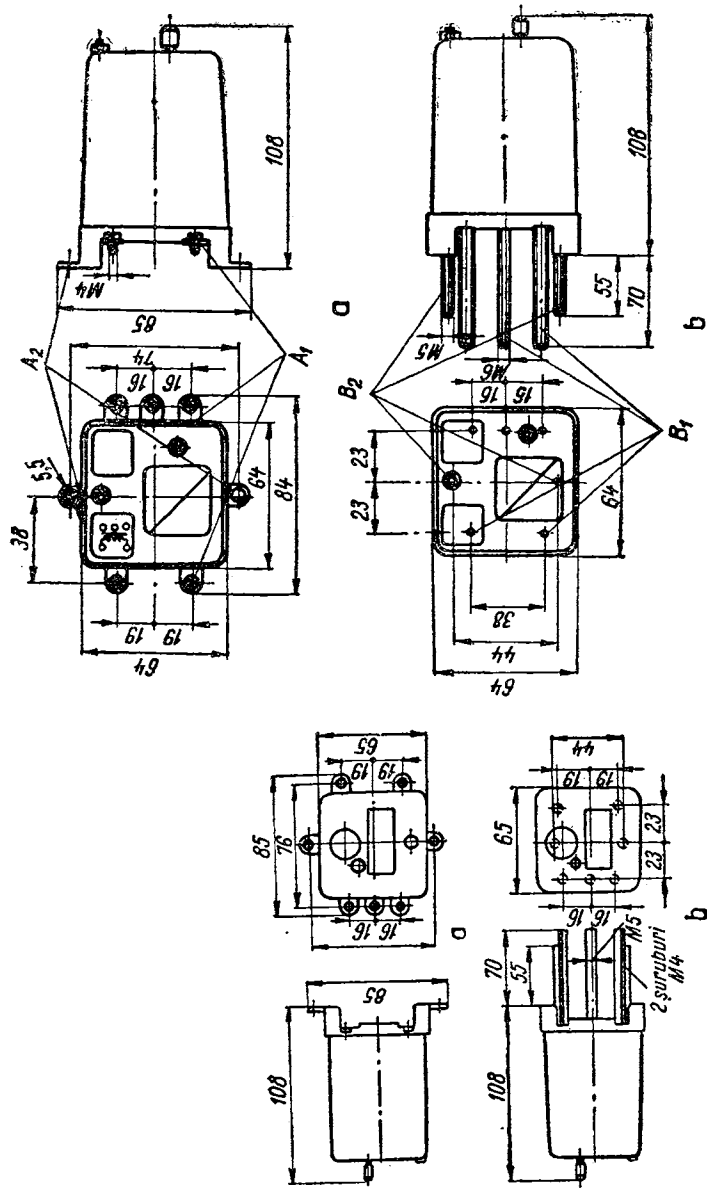


Fig. 3-46. Relee de semnalizare RdS-2 și RdS-3, pentru legături:

E. APARATE DE MĂSURAT¹

1. Aparate magnetoelectrice. Acestea sînt aparate pentru curent continuu.

Ampermetrele și voltmetrele magnetoelectrice tip M3 (fig. 3-47) măsoară intensități și respectiv tensiuni între limitele indicate în

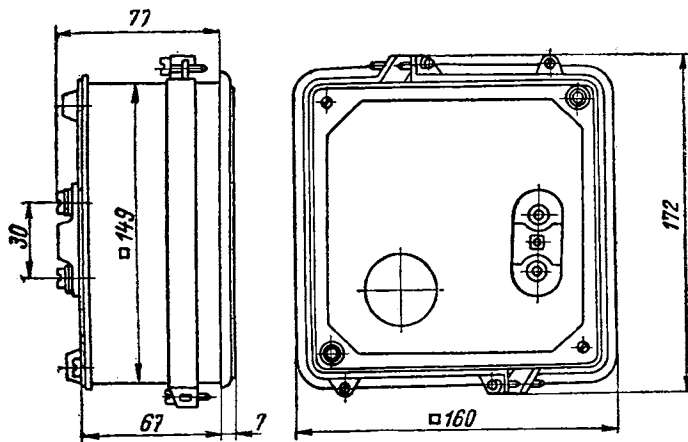


Fig. 3-47. Dimensiunile de gabarit ale ampermetrelor și voltmetrelor magnetoelectrice tip M3.

tabela 3-17. Clasa de precizie este 1,5 sau 2,5. Tensiunea de încercare a izolației este de 2 000 V. Poziția de funcționare este verticală.

Ampermetrele și voltmetrele magnetoelectrice tip M4 (fig. 3-48) au limitele de măsurare indicate în tabela 3-18. Clasa de precizie este 2,5.

Aparatele se produc în două variante, după cum indicația de zero este la începutul sau la mijlocul scării. Poziția de funcționare este verticală.

Ampermetrele și voltmetrele magnetoelectrice tip M5 (fig. 3-49) au limitele de măsurare indicate în tabela 3-19. Clasa de precizie este de 1,5. Poziția de funcționare este verticală.

¹ Produse ale Uzinei Electromagnetica (U.E.M.).

Tabela 3-17. Caracteristicile ampermetrelor și voltmetrelor magnetoelectrice tip M3

Miliampermetre tip M3		Ampermetre tip M3		Voltmetre tip M3	
Limita de măsurare	Căderea de tensiune la borne mV	Limita de măsurare	Căderea de tensiune la borne mV	Limita de măsurare	Curentul absorbit
mA	mV	A	mV	V	mA
5	500	1	100	3	7,5
10	275	2	100	7,5	7,5
20	120	3	100	15	7,5
30	90	5	100	30	7,5
50	95	10	100	75	7,5
100	100	20	100	100	7,5
200	100	30	100	150	7,5
300	100	50*)	75	300	7,5
500	100	100*)	75	450	7,5
—	—	200*)	75	600	7,5
—	—	300*)	75	—	—
—	—	500*)	75	—	—
—	—	600*)	75	—	—
—	—	750*)	75	—	—
—	—	1 000*)	75	—	—
—	—	1 500*)	75	—	—

*) Se conectează cu șunturi calibrate de 75 mV cl. 0,5 și cu conductoare calibrate $2 \times 0,0175 \Omega$.

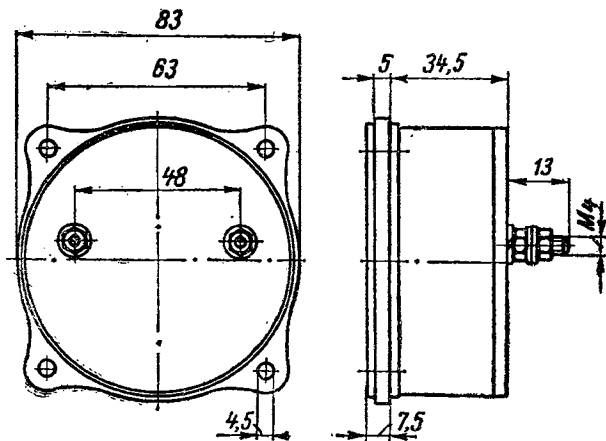


Fig. 3-48. Dimensiunile de gabarit ale ampermetrelor și voltmetrelor magnetoelectrice tip M4.

Tabela 3-18. Caracteristicile ampermetrelor și voltmetrelor magnetoelectrice tip M4

Miliampermetre tip M4		Ampermetre tip M4		Voltmetre tip M4	
Limita de măsurare mA	Căderea de tensiune la borne mV	Limita de măsurare A	Căderea de tensiune la borne mV	Limita de măsurare V	Curentul absorbit mA
1	100	1—2—3—	75	3—7,5— 15—30	7,5
5	120	5—7,5—		50—150— 250—300— 45(*)— 600**)— 75—100	5
10	140	10—15—			
50	75	20—30—			
100	75	50—100—			
300,500	75	75—150			

*) Se conectează cu o rezistență adițională de 30 000 Ω.

**) Idem, de 60 000 Ω.

Tabela 3-19. Limitele de măsurare ale ampermetrelor și voltmetrelor magnetoelectrice tip M5

Ampermetre tip M5		Voltmetre tip M5	
Limita de măsurare A	Căderea de tensiune la borne mV	Limita de măsurare A	Curentul absorbit mA
1—1,5—2—2,5—3— 4—5—6—7,5—10— 15—20—30—40—50— 60—75—100—150— 200—300—400— 500—600—750— 1 000—1 500*)	75	1,5—3—7,5—15— 30—50—75—100— 150	3
		250—300—450— 600	1

*) Cele de la 10 A în sus se conectează cu șunturi separate calibrate de 75 mV; clasa 0,5 și cu două conductoare calibrate de câte 0,0175 Ω fiecare, care se comandă separat.

2. Aparat electromagnetice. Acestea sînt aparate (fig. 3-50) ce se folosesc în instalații de curent continuu sau alternativ cu frecvența de 50 Hz.

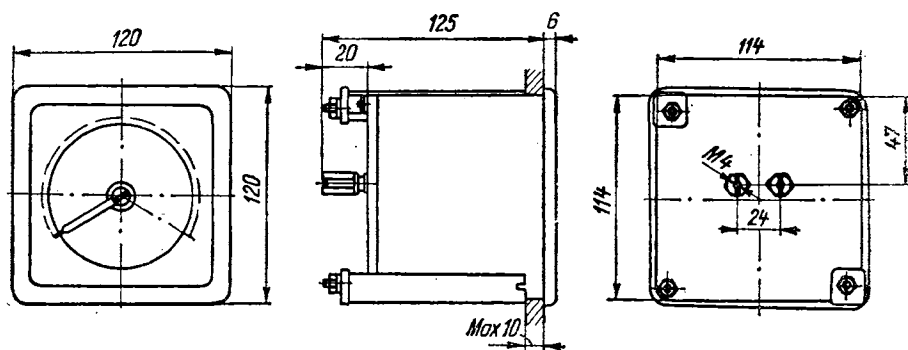


Fig. 3-49. Dimensiunile de gabarit ale ampermetrelor și voltmetrelor magneto-electrice tip M5.

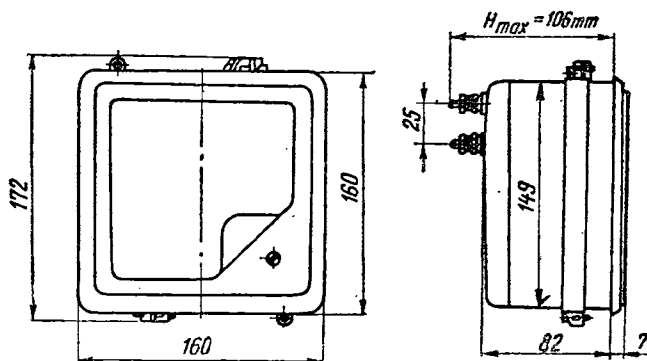


Fig. 3-50. Dimensiunile de gabarit ale ampermetrelor și voltmetrelor electromagnetice tip AE4 și tip VE4.

Ampermetrele tip AE4 au limitele de măsurare indicate în tabela 3-20. Clasa de precizie este 2,5. Poziția de funcționare este verticală.

Voltmetrele tip VE4 au limitele de măsurare indicate în tabela 3-21. Caracteristicile generale sînt identice cu cele ale ampermetrelor AE4.

3. Aparat ferodinamice. Aceste aparate (fig. 3-51) se folosesc de asemenea în instalații de curent alternativ.

Tabela 3-20. Limitele de măsurare ale ampermetrelor electromagnetice tip AE4

Cu racordare directă		Cu racordare prin transformator; consumul aparatului 1 VA: curentul nominal în înfășurarea secundară a transformatorului 5 A
Limita de măsurare A	Consumul VA	Limita de măsurare A și kA
1	0,80	5—10—15—20—30—40—50—75—100—150—200— —300—400—600—750 A 1—1,5—2—3—4—5—6—7,5—10 kA
2	0,90	
3	0,90	
5—10—20	1,00	
30	1,00	
50	1,25	
75	2,00	
100	2,50	
150	2,90	
200	2,10	

Tabela 3-21. Voltmetre electromagnetice, tip VE4

Cu racordare directă		Cu racordare prin transformator, — consumația aparatului 1,5 VA	
Limita de măsurare V	Consumul VA	Limita de măsurare A	Tensiunea nominală a înfășurării secundare a transformatorului V
15	2,5	1	15
30	3,5	3	35
50	2,9	6	60
150	2,7	10	110
250	3,0		
450	3,2		
600	4,2		

Wattmetrele trifazate tip D1 și D2 măsoară puteri active, respectiv reactive (varmetre), la frecvența de 50 Hz, în distribuții cu trei conductoare, cu sarcini echilibrate sau neechilibrate. Clasa de precizie este 2,5. Poziția de funcționare este verticală. Aparatele sînt echipate cu cîte două sisteme active. Consumul, în regim nominal, este pentru fiecare circuit de curent de circa 1,1 VA, iar pentru fiecare circuit de tensiune de circa 5 mA.

În tabela 3-22 sînt indicate limitele de măsurare ale wattmetrelor și varmetrelor trifazate.

Tabela 3-22. Limitele de măsurare

Tensiunea nominală între faze V	Curent nominal										
	5	7,5	10	15	20	30	40	50	75	100	150
	Limitele de										
	kW (kvar)										
220	2	3	4	6	8	12	15	20	30	40	60
380	3,5	5	7	10	15	20	25	35	50	70	100
500	5	7	9	15	20	25	35	50	60	90	150
1 000	9	15	20	25	35	50	70	90	150	200	250
3 000	25	40	50	80	100	150	200	250	400	500	800
6 000	50	80	100	150	200	300	400	500	800	1	1,5
10 000	90	150	200	250	350	500	700	900	1,5	2	2,5
15 000	150	200	250	400	500	800	1	1,5	2	2,5	4
35 000	300	500	600	900	1,2	2	2,5	3	5	6	9
60 000	500	800	1	1,5	2	3	4	5	8	10	15
110 000	1	1,5	2	3	4	6	8	10	15	20	30
220 000	2	3	4	6	8	12	15	20	30	40	60
380 000	3,5	5	7	10	15	20	25	35	50	70	100

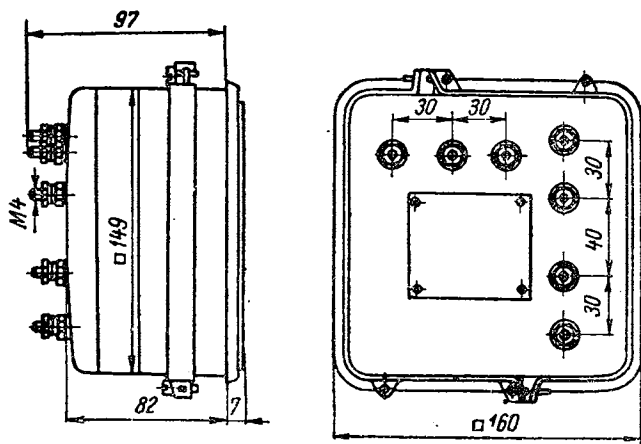


Fig. 3-51. Dimensiunile de gabarit ale voltmetrelor fero-dinamice trifazate tip D1 și D2.

ale wattmetrelor și varmetrelor

pe linia A

200	300	400	600	750	1 000	1 500	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 500	10 000
-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

măsurare

								MW (Mvar)					
80	120	150	250	300	400	600	800	1,2	1,5	2	2,5	3	4
150	200	250	400	500	700	1	1,5	2	3	3,5	4	5	7
200	250	350	500	700	900	1,5	2	2,5	3,5	4	5	7	9
350	500	700	1	1,5	2	2,5	3,5	5	7	9	10	15	20
1	1,5	2	3	4	5	8	10	15	20	25	30	40	50
2	3	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60	80	100
3,5	5	7	10	15	20	25	35	50	70	90	100	—	—
5	8	10	15	20	25	40	50	80	100	—	—	—	—
12	20	25	35	50	60	90	—	—	—	—	—	—	—
20	30	40	60	80	100	—	—	—	—	—	—	—	—
40	60	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

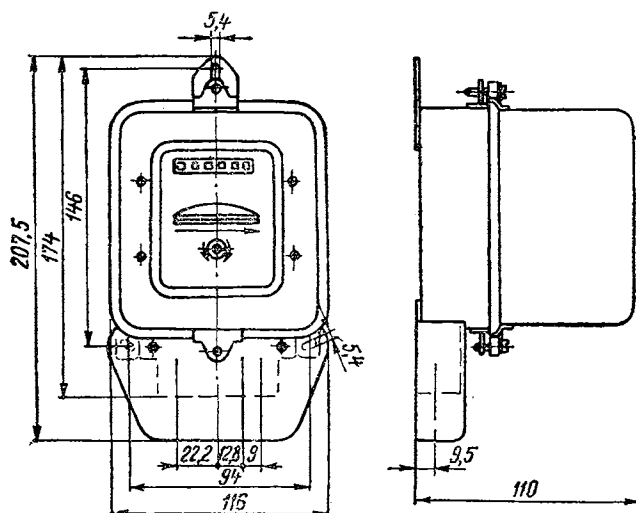


Fig. 3-52. Contor monofazat tip CAM-6.

4. Contoare electrice de energie. Acestea pot fi monofazate sau trifazate.

Contoarele electrice monofazate tip CAM-6 (fig. 3-52) măsoară energia activă în distribuții monofazate; clasa de precizie este 2.

Alte caracteristici ale acestor contoare sînt următoarele:

— tensiunea de referință U_n , în V	220
— curentul de bază I_n , în A	10
— curentul maxim suportat permanent, în A	40
— frecvența nominală, în Hz	50
— consumul propriu al bobinei de curent la curentul de bază, în VA	0,6
— consumul propriu al bobinei de tensiune la tensiunea de referință, în W	~ 1
— curentul de pornire, în procente din curentul de bază	0,5
— turația sistemului mobil la tensiunea de bază, la curentul de bază și la $\cos \varphi = 1$, în rot/min	1,7

Condițiile de utilizare prevăd folosirea acestor contoare în încăperi închise, cu temperatura cuprinsă între 0 și $+40^\circ\text{C}$ și cu umiditatea relativă maximă de 80%.

Contoarele electrice trifazate (fig. 3-53) sînt de tipurile CA-32 și CA-43 pentru energie activă și CR-32 pentru energie reactivă.

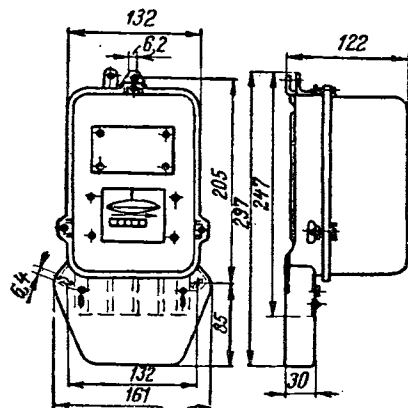


Fig. 3-53. Contor trifazat tip CA-32, CA-43 și CR-32.

Principalele caracteristici ale acestor contoare sînt indicate în tabelele 3-23 și 3-24.

Contoarele care se conectează la rețea prin intermediul transformatoarelor de măsură se construiesc în două variante deosebite, după modul în care sînt etalonate, astfel:

a) contoare care indică direct energia consumată din rețea, ținînd seamă de raportul de transformare al transformatoarelor de măsură; aceste contoare trebuie să fie asociate cu transformatoarele de măsură corespunzătoare.

Tabela 3-23. Caracteristicile contoarelor trifazate

Caracteristica	Unitatea de măsură	Tipul contorului		
		CA-32	CA-43	CR-32
Clasa de precizie	—	—	2...3*)	—
Tensiunea de referință U_n la conectarea directă	V	100,200 sau 380	208/120; 380/220	100
Curentul de bază I_n la conectare directă	A	5	—	5
Curentul de pornire (în % din curentul de bază)		1	1	1
Suprasarcina suportată				
— timp nelimitat	%	25	25	25
— rezistind termic 1/2 oră	%	100	100	100
Consumul propriu al unei bobine de curent	W	0,5	0,8	0,5
Consumul propriu al unei bobine de tensiune	W	1	1,2	1
Numărul de rotații pe minut ale sistemului mobil, pentru U_n , I_n și $\cos \varphi = 1$ ($\sin \varphi = 1$)	rot/min	24—30	38—48	24—30
Greutatea contorului	kg	2,6	3,4	2,6

*) În condițiile STAS 4198-59.

Exemple de marcare a contoarelor:

1) contor trifazat pentru energie activă tip CA-32, 3×380 V și 3×1 000/5 A;

2) contor trifazat pentru energie reactivă tip CR-32, 3×6 000/100 V și 3×500/5 A;

3) contor trifazat pentru energie activă tip CA-32, 3×380 V și 3×5 A pentru conectare cu transformatoare de măsură; pentru determinarea energiei consumate în cazul din exemplul 1, indicația contorului trebuie înmulțită în

acest caz cu raportul $\frac{1\,000}{5} = 200$;

4) contor trifazat pentru energie reactivă tip CR-43, 3×100 V și 3×5 A pentru conectare cu transformatoare de măsură; pentru determinarea energiei consumate în cazul din exemplul 2, indicația contorului trebuie înmulțită cu

produsul rapoartelor $\frac{6\,000}{100} \cdot \frac{500}{5} = 6\,000$.

β) contoare etalonate pentru tensiunea de referință 100, 220 sau 380 V și curentul de bază al contorului 5 A; la ultimul tip de con-

Tabela 3-24. **Limitele de măsurare ale contoarelor trifazate**

Felul contorului	Felul conectării	Tensiuni nominale V	Curenți nominali A
CA-43	Direct	203/120; 380/220	5—10—15—20
	Cu transformator de curent, cu primarul dimensionat pentru un curent nominal de 100—150—200—300—500—750—1 000—1 500 A	208/120; 380/220	5
CA-32 CR-32	Cu transformatoare de măsură; etalonarea contorului este făcută pt. caracteristicile nominale ale înfășurării primare ale transformatoarelor de măsură, astfel încît contoarele totalizează direct erengia măsurată	500—1000—3000—6000—10 000—15 000—35 000—60 000—100 000	5—10—15—20—30—75—100—150—200—300—400—500—600—750—1 000—1 500—2 000—3 000—5 000—6 000—7 500—10 000—15 000
CA-32	Direct a tensiunii și curentului	Tensiunea de referință 100, 220 sau 380 V	Curentul de bază 5 A
	Direct a tensiunii și prin transformatoare de măsură a curentului	100, 220 sau 380 V	5 A Curenții nominali primari ai transformatorului sînt cei indicați mai sus

toare, valoarea energiei electrice consumate se stabilește înmulțind indicația contorului cu o constantă a egală cu produsul dintre rapoartele de transformare ale transformatoarelor de tensiune și de curent; cînd conectarea tensiunii se face direct, indicația contorului se înmulțește cu raportul de transformare al transformatorului.

Contoarele din categoria β au avantajul că pot fi utilizate în diferite situații, prin conectarea la rețea prin transformatoare de măsură cu valori nominale primare după necesitate.

5. Șunturi pentru aparate de măsurat. Șunturile interschimbabile de 60 mV, tip SI-2, se construiesc în clasa de precizie 0,5, pentru curenți nominali de 300—500 și de 1 500 A.

Șunturile interschimbabile de 75 mV se construiesc în clasa de precizie 0,5, pentru curenți nominali de 10—20—30 A (un tip): 50—100—200—300 A (un al doilea tip) și 500—600—750—1 000—1 500 (un al treilea tip).

Șunturile de 500 mV, tip RS—70473, au curentul nominal de 100 A, iar curentul de încărcare (aproximativ):

— pentru timp scurt de încărcare	500 A
— pentru timp de 5 min	350 A
— pentru timp de 30 min	200 A
— pentru timp nelimitat	130 A

6. Cabluri de legătură calibrate pentru aparate de măsurat electrice. Rezistența unei perechi de cabluri este de $2 \times 0,0175 \Omega = 0,035 \Omega$; se livrează în lungimi de 750, 1 000, 1 500 și 2 500 mm, cu toleranțe de $\pm 10\%$.

F. TRANSFORMATOARE DE MĂSURĂ

1. Transformatoare de tensiune. Acestea funcționează la fel ca și cele de putere; sînt folosite pentru reducerea tensiunii în instalațiile care au tensiunea față de pămînt mai mare decît 250 V (de exemplu rețelele de 500 V). Tensiunea secundară debitată, care se aplică aparatelor de măsurat, este de obicei de 100 V și uneori de 110 V. În instalațiile de joasă tensiune se folosesc de obicei transformatoare monofazate (de exemplu de 500/100 V). Pentru aparate de măsurat utilizate în instalații trifazate, la care este necesar să se conecteze cele trei faze, se folosesc două transformatoare monofazate legate în V (triunghi deschis) ca în fig. 3-54. Tensiunea între fazele R—T se obține, după reducere, între bornele a_1 — x_2 .

Tipul TIM-0,5 (TTM-0,5), de interior, monofazat, pentru instalații de 500 V (fig. 3-55), are caracteristicile indicate în tabela 3-25.

Tipul TIMP-1 (TIM-1), de interior, monofazat, cu izolația de porțelan, de 1 kV, are aceleași caracteristici ca și transformatoarele TIM-0,5 (TTM-0,5); dimensiunile de gabarit sînt: 240 mm înălțime, 231 mm lungime și 164 mm lățime; greutatea este de 12 kg.

2. Transformatoare de intensitate. Funcționarea acestor transformatoare este diferită de a transformatoarelor de putere sau de tensiune, întrucît dacă curentul primar este constant, curentul

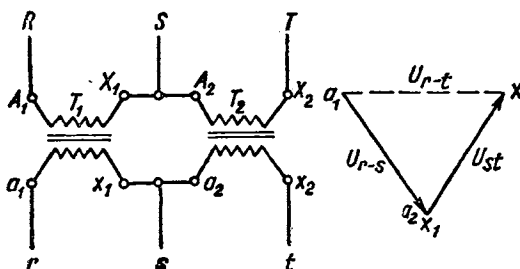


Fig. 3-54. Schema de conectare în „V” a două transformatoare de tensiune și diagrama vectorială a tensiunilor secundare.

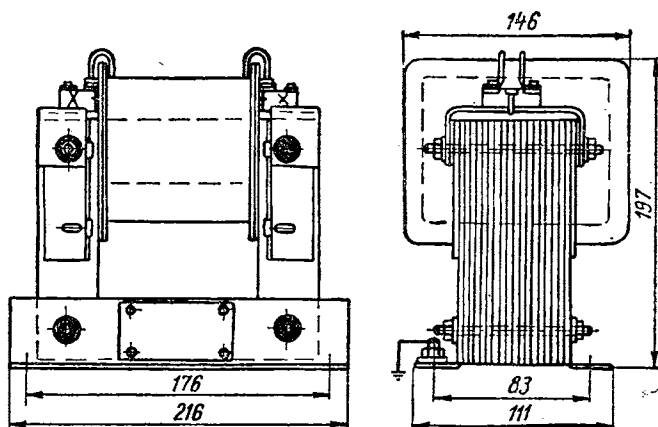


Fig. 3-55. Transformator de tensiune tip TIM.

Tabela 3-25. Caracteristicile transformatoarelor de tensiune TIM-0,5 (TTM-0,5)

Clasa de precizie	Erorile maxime		Puterea nominală VA	Puterea maximă VA	Greutatea kg
	de tensiune %	de unghi min			
0,5	$\pm 0,5$	± 20	25	—	11
1	± 1	± 40	40	200	
3	± 3	—	100	—	

secundar este de asemenea constant chiar dacă impedanța aparate-
lor legate între bornele secundare are diferite valori (eventual bornele
sînt scurtcircuitate). Transformatorul de intensitate trebuie să func-
ționeze totdeauna cu circuitul secundar închis (prin aparatele de
măsură) sau să fie scurtcircuitat. Dacă circuitul secundar se între-
rupe, iar circuitul primar rămîne sub curent, fluxul magnetic prin
miezul de oțel al transformatorului crește foarte mult și pierderile
în miez ating valori atît de mari încît transformatorul se încăl-
zește excesiv, deteriorîndu-se astfel izolația. De asemenea tensiunea
la bornele secundare crește atîngînd valori periculoase.

Curentul secundar este normalizat la 5 A și, în cazuri speciale,
la 1 A.

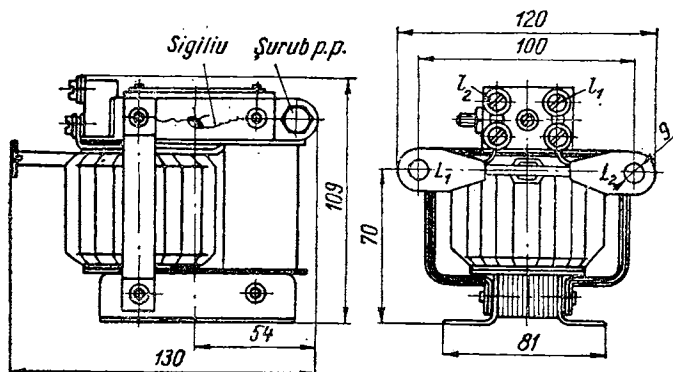


Fig. 3-56. Transformator de curent tip CIS-0,5/5—75 A.

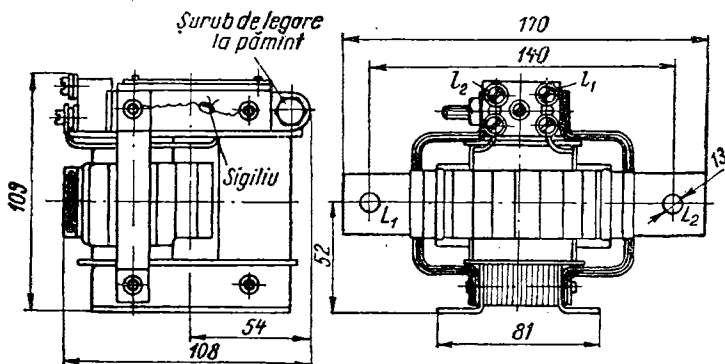


Fig. 3-57. Transformator de curent tip CIS-0,5/100—400 A.

Tipul CIS-0,5 (TIB-0,5), de interior, de tip suport, de 0,5 kV (fig. 3-56 ... 3-62); se construiește cu o singură înfășurare secundară, pentru curentul nominal secundar de 5 A; are clasa de precizie 0,5 (cînd sarcina crește la 15 VA, clasa de precizie devine 1).

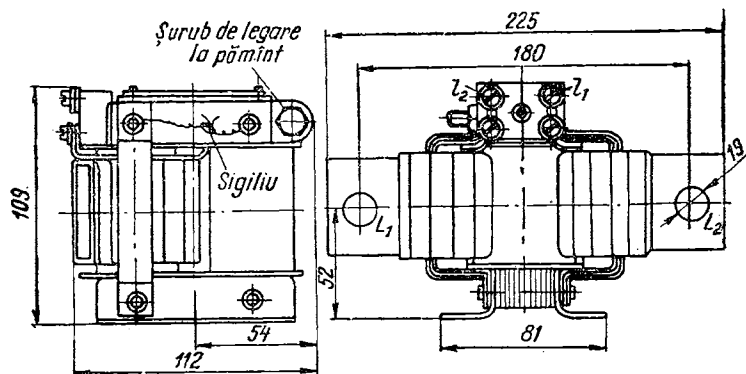


Fig. 3-58. Transformator de curent tip CIS-0,5/600—750 A.

Coeficientul limită termic este 15, iar cel limită dinamic, 70. Transformatoarele pentru 1 000—3 000 A se montează pe bare. Caracteristicile principale ale transformatoarelor CIS sînt indicate în tabela 3-26.

Tabela 3-26. Caracteristicile principale ale transformatoarelor de curent CIS-0,5 (TIB-0,5)

Varianta	Curentul nominal primar A	Sarcina nomi- nală cu $R=0,4\Omega$ VA	Coeficientul de saturație	Greutatea kg
0,5/5—75	5; 7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75	10	6	2
0,5/100—400	100, 150, 200, 400	10	6	2
0,5/600—750	600, 750	10	7	2,3
0,5/1 000	1 000	5	12	3,5
0,5/1 500	1 500	10	22	6,5
0,5/2 000	2 000	10	24	9,5
0,5/3 000	3 000	10	28	12,6

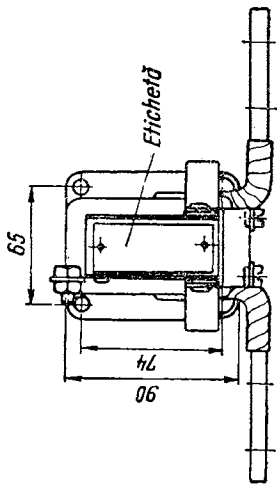
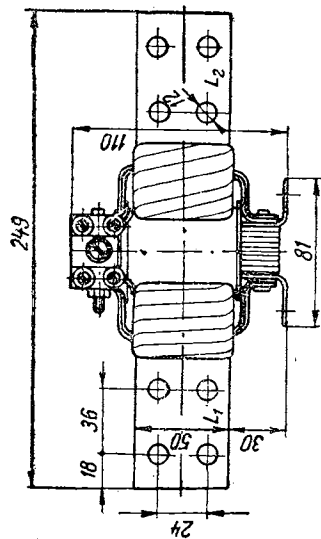


Fig. 3-59. Transformator de curent tip
CIS-0,5/1 000 A.

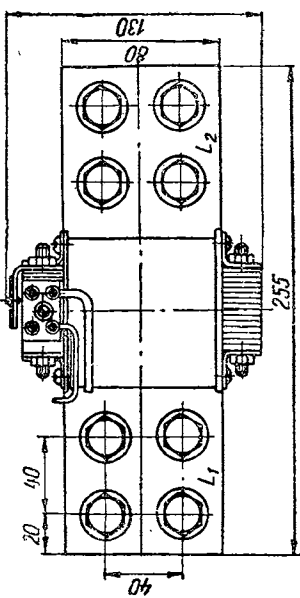
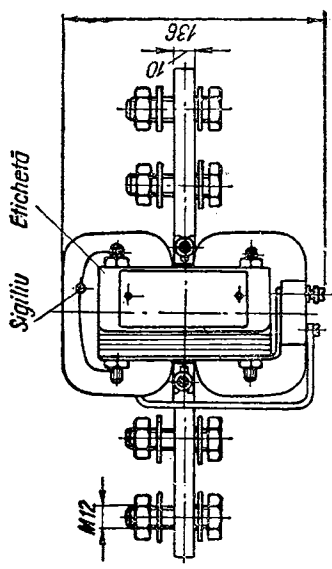


Fig. 3-60. Transformator de curent tip CIS-0,5/1 500 A.

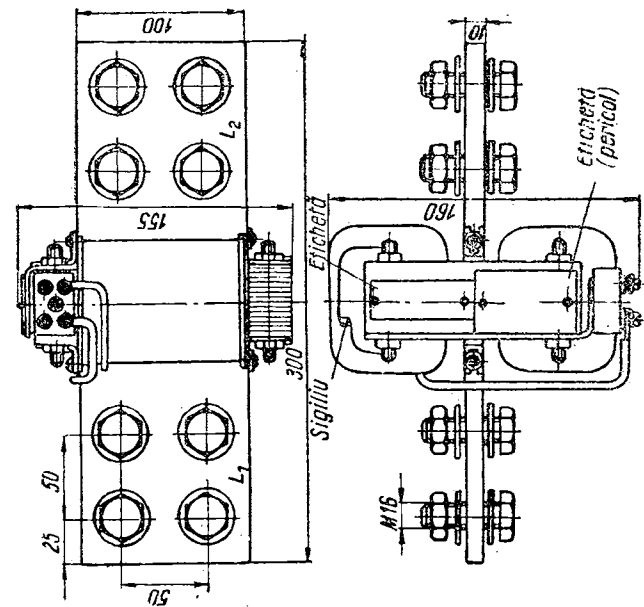


Fig. 3-61. Transformator de curent tip CIS-0,5/2 000 A.

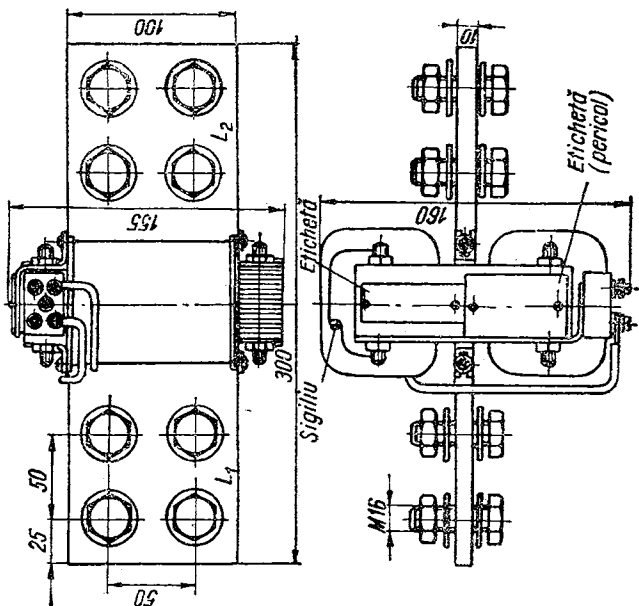


Fig. 3-62. Transformator de curent tip CIS-0,5/3 000 A.

Tipul CIRS-0,5, de interior, în rășină, de tip suport, se folosește în medii cu umiditate mare, în medii corosive sau cu depuneri bune conducătoare de electricitate (ansamblul este înglobat în masă din rășină epoxidică). Aceste transformatoare au o singură înfășurare secundară de clasa 0,5 pentru un curent secundar nominal de 5 A; sarcina secundară este de 10 VA, la $\cos \varphi = 0,8$. Coeficientul

Tabela 3-27. Dimensiunile transformatoarelor de curent CIRS-0,5

Varianta	Cotele, în mm					Greutatea kg
	a	b	c	d	e	
5—150 A	154	184	30	9	3	3,9
200—400 A	162	192	30	13	4,5	4,0
600 A	170	212	40	17	5,5	4,2

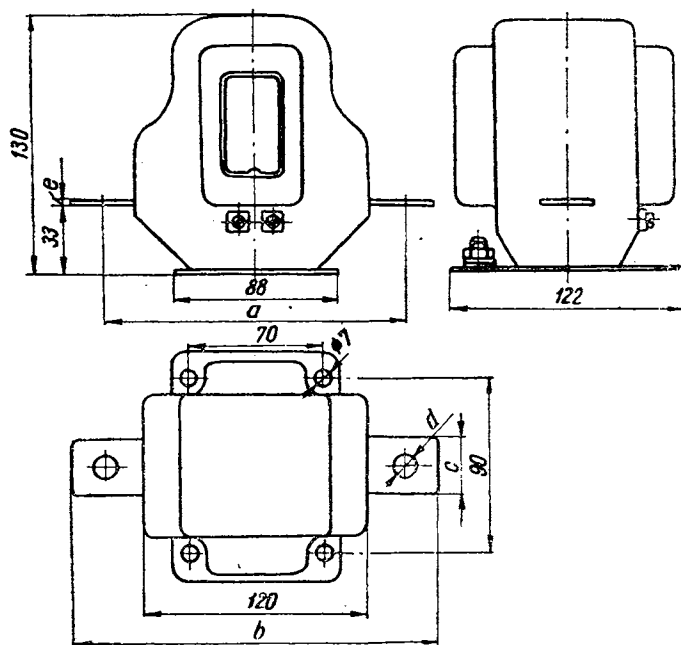


Fig. 3-63. Transformator de curent CIRS-0,5.

limită termic la 10 ore este 15, iar cel limită dinamic este 70. Dimensiunile transformatoarelor CIRS-0,5 sînt indicate în fig. 3-63 și tabela 3-27.

G. PROCEDEE ȘI SCHEME DE MĂSURARE

a. *Măsurarea intensității curentului* se face prin intercalarea ampermetrului în conductorul al cărui curent se măsoară. În fig. 3-64 se arată montajele folosite:

b. *Măsurarea tensiunii*. Voltmetrul se conectează în punctele între care se măsoară tensiunea, ca în fig. 3-65.

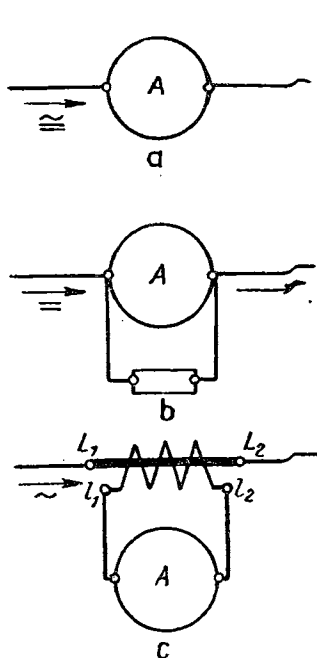


Fig. 3-64. Scheme de conectare a ampermetrului:

a — direct; b — prin șunt; c — prin transformator de intensitate.

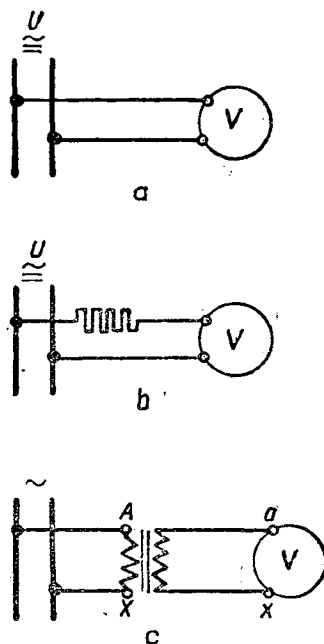


Fig. 3-65. Scheme de conectare a voltmetrului:

a — direct; b — prin rezistență adițională; c — prin transformator de tensiune.

c. *Măsurarea puterii electrice.* În curent continuu se poate obține valoarea puterii, măsurând curentul și tensiunea (fig. 3-66) și făcând produsul lor ($P=UI$).

Măsurarea puterii se poate face direct cu un wattmetru electro-dinamic (în curent continuu și alternativ) sau ferodinamic (în curent alternativ), bobina fixă (de curent) fiind în serie, iar cea mobilă (de tensiune) fiind în derivație. Indicația aparatului corespunde produsului UI în curent continuu. În curent alternativ indicația aparatului corespunde produsului $UI \cos \varphi$ (pentru wattmetre) sau $UI \sin \varphi$ (pentru varmetre), astfel încât se obține direct valoarea puterii active sau reactive măsurate.

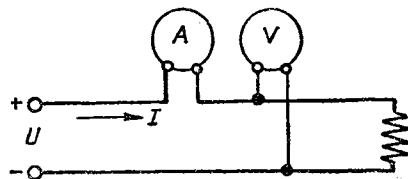


Fig. 3-66. Măsurarea puterii prin ampermetru și voltmetru în curent continuu.

În fig. 3-67 se arată modul de conectare al wattmetrelor și varmetrelor trifazate ferodinamice care au câte două serii de bobine serie și paralel.

Măsurarea puterii absorbite de un receptor trifazat se poate face și prin metoda celor două wattmetre, utilizându-se două aparate monofazate separate, conectate ca în fig. 3-68 și adunându-se indicațiile lor. În cazul când la unul dintre wattmetre a fost necesar să se schimbe legăturile față de cele din schemă (de exemplu la bobina de curent), pentru ca acul indicator să devieze la dreapta, puterea trifazată este egală cu diferența dintre indicațiile celor două wattmetre.

d. *Măsurarea energiei electrice.* Contoarele pentru măsurarea energiei sînt aparate cu inducție, cu unul, două sau trei echipamente și discuri, după cum sînt pentru curent monofazat, pentru curent trifazat în rețele cu trei conductoare și pentru curent trifazat în rețele cu patru conductoare (trei faze și nul).

Modul de conectare al contoarelor este indicat în fig. 3-69 pentru cele monofazate și în fig. 3-70 pentru cele trifazate cu două și trei echipamente.

Controlul etalonării contoarelor se face astfel: se citește pe contor numărul C de învîrtituri ale discului pentru 1 kWh (constanta contorului). Se conectează un receptor de putere cunoscută P (wați), se numără cîte învîrtituri face discul contorului (se observă trecerea semnului roșu de pe disc) într-un timp de cîteva minute. Notînd cu:

— n = numărul de învîrtituri făcut de discul contorului;

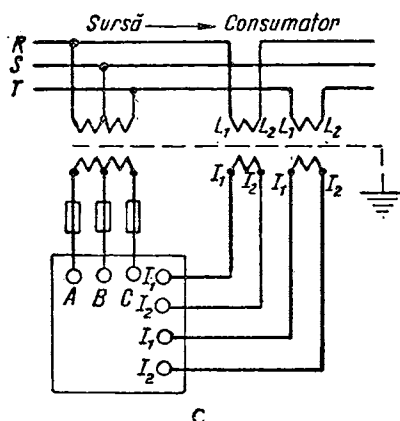
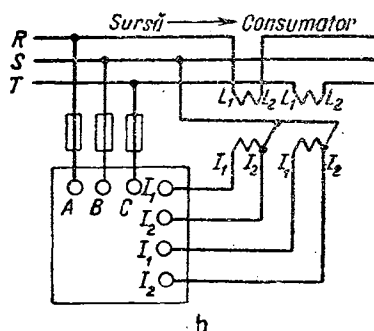
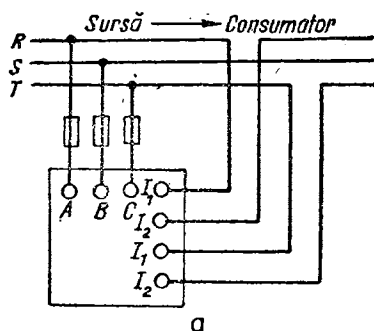


Fig. 3-67. Scheme de conectare a wattmetrelor și varimetrele tip D₁ și D₂:

a — directă; b — directă pentru tensiune și prin transformatoare de intensitate pentru curent; c — prin transformatoare pentru tensiune și curent.

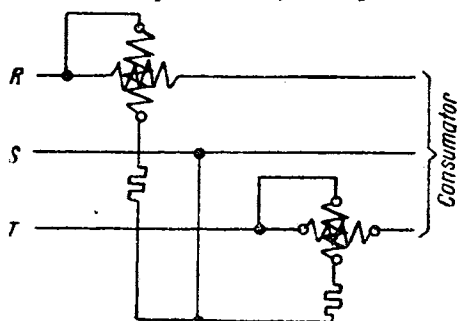


Fig. 3-68. Măsurarea puterii trifazate prin metoda celor două wattmetre.

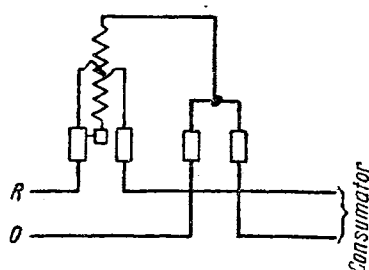


Fig. 3-69. Schema de conectare a unui contor monofazat.

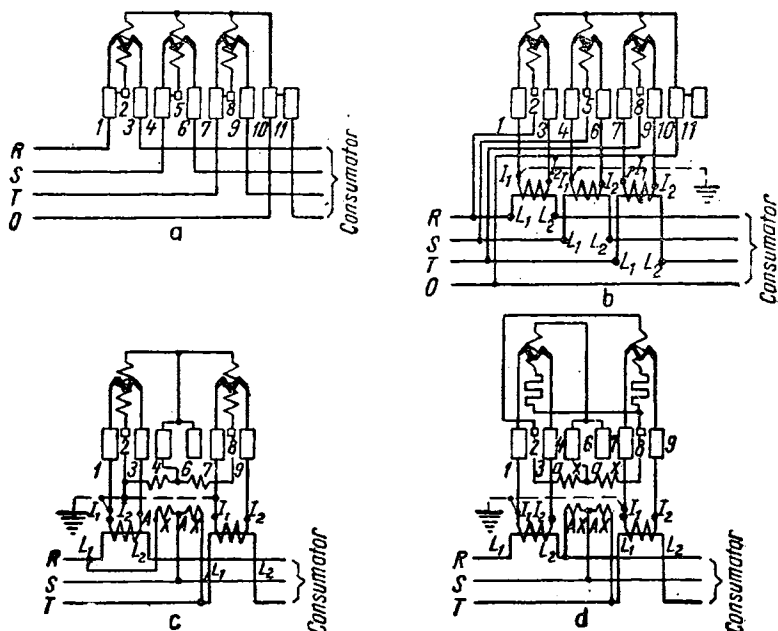


Fig. 3-70. Scheme de conectare pentru contoare trifazate:
 a — directă; b — cu transformator de intensitate; c — cu transformatoare
 pentru tensiune și curent.

— t = timp de măsurare, în s, trebuie să fie îndeplinită condiția:

$$P \times t = \frac{3\,600\,000\,n}{C},$$

admițându-se o diferență de 2—3%.

Corectarea funcționării contorului se face prin schimbarea poziției magnetului permanent de frinare în raport cu discul.

e. *Măsurarea factorului de putere ($\cos \varphi$)*. Aparatul (fazmetrul) este gradat direct în valori ale factorului de putere ($\cos \varphi$), inductiv sau capacitiv.

Pentru fazmetrele trifazate, conexiunile se fac în funcție de tipul aparatului (fig. 3-71).

f. *Măsurarea rezistențelor. Metoda ampermetrului și voltmetrului* (fig. 3-72). Tensiunea U se măsoară la bornele rezistenței, iar curentul I — prin rezistență. Valoarea rezistenței este

$$R = \frac{U}{I} [\Omega].$$

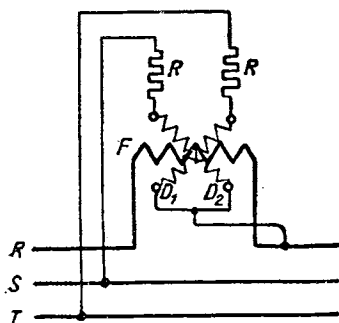


Fig. 3-71. Schema de conectare a unui fazmetru trifazat.

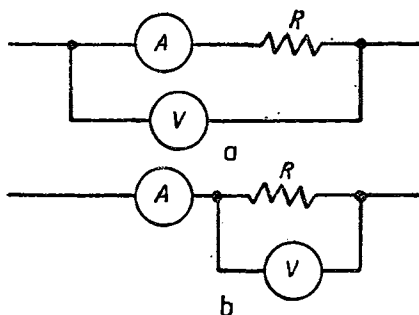


Fig. 3-72. Măsurarea rezistențelor prin metoda ampermetrului și voltmetrului:

a — montaj amonte; b — montaj aval.

O bună eficacitate a acestei metode se obține dacă se ține seamă de următoarele montaje posibile:

— montajul amonte (fig. 3-72, a) se folosește când rezistența de măsurat are o valoare mare față de rezistența ampermetrului;

— montajul aval (fig. 3-72, b) se folosește când rezistența de măsurat are o valoare mică față de rezistența ampermetrului.

Puntea lui Wheatstone. În practică se folosește așa-numita punte cu fir, cu schema din fig. 3-73. Rezistența necunoscută x se leagă între bornele A și C. Cu ajutorul manetei M se conectează între punctele B și C o rezistență r_3 , de același ordin de mărime cu rezistența x . Se apasă pe butonul K și se deplasează cursorul D pe firul rezistent AB, pînă cînd curentul în galvanometrul (miliampermetrul) G devine zero. Galvanometrul G este cu zero la mijloc.

Valoarea rezistenței măsurate este

$$X = r_3 \frac{r_2}{r_1}.$$

Raportul $\frac{r_2}{r_4}$ este scris direct pe aparat în dreptul fiecărei poziții a cursorului, astfel încît valoarea x se obține prin înmulțirea rezistenței r_3 cu acest raport în dreptul cursorului la poziția de echilibru (curent zero în galvanometru).

g. *Măsurarea izolațiilor.* Valoarea rezistențelor mari și a izolațiilor se măsoară cu aparate speciale (Megger) care conțin un microgenerator de curent continuu acționat cu o manivelă și care produce 250, 500 sau 1 000 V și un aparat de măsurat de tip magneto-

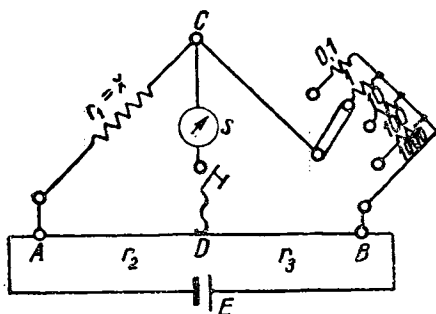


Fig. 3-73. Puntea lui Wheatstone (cu fir).

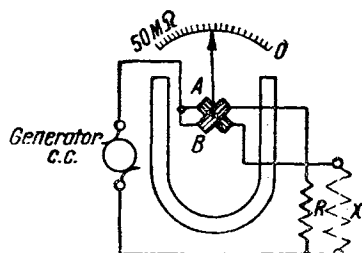


Fig. 3-74. Aparat (tip Megger) de măsurare a rezistenței de izolație x .

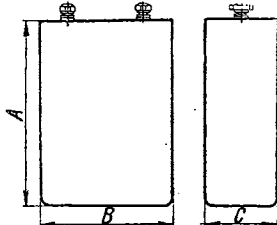
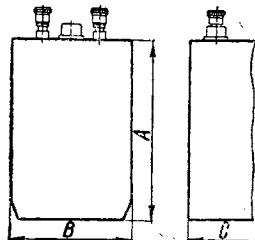
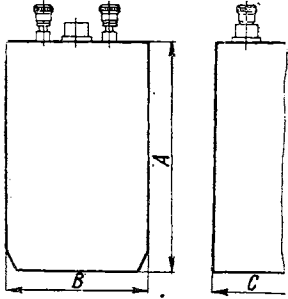
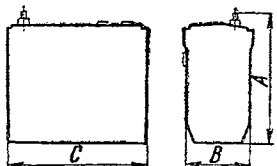
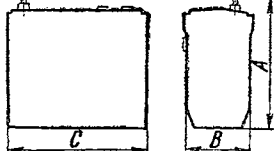
electric (logometru) cu două bobine încrucișate (fig. 3-74); una dintre bobine este conectată în serie cu o rezistență fixă R , montată în aparat, iar în serie cu a doua bobină se montează rezistența de măsurat (se leagă punctele între care se măsoară izolația). Generatorul aparatului poate folosi drept inductor același magnet permanent ca al aparatului de măsurat.

H. ACUMULATOARE ELECTRICE CU PLĂCI DE PLUMB

1. **Acumulatori pentru telecomunicații, laboratoare și iluminat de siguranță** (STAS 443-52). Acumulatorii din această categorie se construiesc în tipurile și cu caracteristicile indicate în tabela 3-28; ele sînt montate în vase de sticlă.

Acumulatorii tip ZO 30 și ZO 40 sînt prevăzute cu plăci de mare suprafață (suprafața utilă a plăcii pozitive este de 30 dm², res-

Tabela 3-28. Caracteristicile acumuloarelor
laboratoare și iluminat de

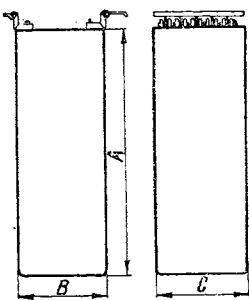
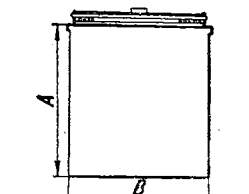
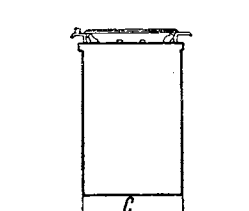
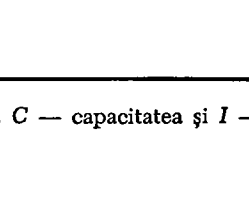
Tipul acumulato- rului sau al bateriei	Forma cu dimensiunile	Numărul de elemente în baterie	Tensiunea bateriei V	Regimurile de deșoărcare,			
				1		3	
				C Ah	I A	C Ah	I A
I ZO 30 II ZO 30 I ZO 40 II ZO 40 III ZO 40 IV ZO 40 V ZO 40		1	2	10 20 14 23 42 56 70	10. 20 14 23 48 56 70	16,5 33 22 44 66 88 110	5,5 11 7,3 14,6 22 29,3 36,6
IDGO 14		2	4	—	—	—	—
Le 1 Le 2 Le 3 Le 4		1	2	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
DLe 1 DLe 2		2	4	— —	— —	— —	— —
5 Wn 1 5 Wn 2		5	10	— —	— —	— —	— —

Notă: C — capacitatea și I curentul de descărcare.

cu plăci de plumb pentru telecomunicații,
siguranță (După STAS 443-52)

în h		Curentul maxim de încărcare A	Dimensiunile exterioare ale vasului, în mm			Greutatea medie a bateriei, în kg:	
10			A	B	C	cu acid	fără acid
C Ah	I A						
22	2,2	5,5	225	163	55	5,3	4,0
44	4,4	11	225	163	88	9,1	6,9
30	3	7,3	270	163	55	7,2	5,2
60	6	14,6	270	163	88	11,1	8,6
90	9	22	270	163	125	16,8	12,6
120	12	29	270	163	159	21,8	16,8
150	15	37	270	163	194	27,5	21,5
10	1	2,2	190	130	104	6,5	5,5
12	1,2	1,2	170	123	45	2,44	2,0
24	2,4	2,4	170	123	74	4,11	3,35
36	3,6	3,6	170	123	94	5,05	3,95
48	4,8	4,8	170	123	125	6,8	5,0
12	1,2	1,2	170	123	84	5,0	4,0
24	2,4	2,4	170	123	136	7,5	6,0
0,7	0,007	0,07	112	52	94	0,82	0,75
1,3	0,13	0,13	112	52	130	1,6	1,4

Tabela 3-29. Caracteristicile citorva acumuloare

Tipul acumu- latorului	Forma cu dimensiunile	Tipul plăcii	Nr. de plăci po- zite ve ale unui acumulator	Tipul vasului	Regimurile de			
					1		2	
					C Ah	I A	C Ah	I A
L 1		L 1	1	SLw 1	—	—	—	—
Ls 1		L 1	1	SLw 2	19	19	24	12
L 2		L 1	2	SLw 2	—	—	—	—
Ls 2		L 1	2	SLw 2	38	38	48	24
L 3		L 1	3	SLw 3	—	—	—	—
Ls 3		L 1	3	SLw 3	57	57	72	36
L 4		L 1	4	SLw 4	—	—	—	—
Ls 4		L 1	4	SLw 4	76	76	96	48
L 5		L 1	5	SLw 5	—	—	—	—
Ls 5		L 1	5	SLw 5	95	95	120	60
L 6		L 1	6	SLw 6	—	—	—	—
Ls 6		L 1	6	SLw 6	114	114	144	72
L 8		L 2	8	SLw 8	—	—	—	—
Ls 8		L 2	8	SLw 8	152	152	192	96
L 10		L 2	5	SLw 10	—	—	—	—
Ls 10		L 2	5	SLw 10	190	190	240	120
L 12		L 2	6	SLw 12	—	—	—	—
Ls 12		L 2	6	SLw 12	228	228	288	144
L 14		L 2	7	SLw 14	—	—	—	—
Ls 14		L 2	7	SLw 14	266	266	336	168
L 16		L 2	8	DLw 8	—	—	—	—
Ls 16		L 2	8	DLw 8	304	304	384	192
L 18		L 2	9	DLw 10	—	—	—	—
Ls 18		L 2	9	DLw 10	342	342	432	216
L 20		L 2	10	DLw 10	—	—	—	—
Ls 20		L 2	10	DLw 10	380	380	480	240
L 32		L 4	8	PL 32	—	—	—	—
Ls 32		L 4	8	PL 32	608	608	768	384
L 36		L 4	9	PL 36	—	—	—	—
Ls 36		L 4	9	PL 36	684	684	864	432
L 44		L 4	11	PL 44	—	—	—	—
Ls 44		L 4	11	PL 44	836	836	1056	528

Notă. C — capacitatea și I — curentul de descărcare.

pentru baterii de forță și lumină (După STAS 445-52)

descărcare, în h :				Curen- tul ma- xim de încăr- care A	Dimensiunile exterioare ale vasului, în mm			Greutatea unui element, în kg	
3		10			A	B	C	Cu acid	Fără acid
C Ah	I A	C Ah	I A						
27 —	9 —	36 —	3,6 —	9 11	355	215	85	13,5	8,5
54 —	18 —	72 —	7,2 —	18 22	355	215	120	20,5	13,5
81 —	27 —	108 —	11 —	27 33	355	215	155	27	18
108 —	36 —	144 —	14,5 —	36 44,5	355	215	200	34,5	23
135 —	45 —	180 —	18 —	45 55,5	355	215	240	42	28
162 —	54 —	216 —	21,5 —	54 66	355	215	280	50	34
216 —	72 —	288 —	29 —	72 89	645	215	200	64	43
270 —	90 —	360 —	36 —	90 111	645	215	240	78	52
324 —	108 —	432 —	43 —	108 133	645	215	280	91	61
378 —	126 —	504 —	50 —	126 155	645	215	315	105	70
432 —	144 —	576 —	58 —	144 177	645	215	L8+L8+20=420	128	86
486 —	162 —	648 —	65 —	162 199	645	215	L10+L8+20=460	142	95
540 —	180 —	720 —	62 —	180 221	645	215	L10+L10+20=500	156	104
864 864	288 288	1152 1152	115 115	228 354	755	455	395	275	188
972 972	396 396	1296 1296	130 130	324 —	755	465	435	302	206
1188 1188	396 396	1584 1584	158 158	376 487	755	465	515	360	247

ectiv de 40 dm²). Cifra romană scrisă înaintea simbolului ZO reprezintă numărul de plăci pozitive ale acumulatorului. Aceste acumuloare se montează numai în vase unicelulare.

Acumuloarele tip I DGO 14 se montează în vase bicelulare (tensiunea nominală a bateriei este de 4 V); fiecare element are câte o singură placă pozitivă cu suprafața utilă de 14 dm²; litera D indică bateria din două elemente montate într-un vas bicelular.

Acumuloarele tip Le și DLe; la acestea, cifra arabă care urmează simbolului reprezintă numărul plăcilor pozitive dintr-un element, iar litera D — vas bicelular.

Acumuloarele tip Wn; la acestea, cifra arabă care urmează simbolului reprezintă numărul plăcilor pozitive dintr-un element, iar cifra dinaintea simbolului arată numărul de elemente ale bateriei (vase multicelulare).

2. Acumuloare de mare capacitate pentru baterii de forță și lumină (STAS 445-52). Acumuloarele din această categorie se fabrică în următoarele tipuri:

— acumuloare tip L pentru descărcări lente și mijlocii (cu regimuri de descărcare de la 3 la 10 ore);

— acumuloare tip Ls pentru descărcări rapide (cu regimuri de descărcare de 1 și 2 ore).

Plăcile acestor acumuloare se construiesc în trei mărimi: L1 pentru 36 Ah; L2 pentru 72 Ah și L4 pentru 144 Ah.

Numărul care urmează după simbolul L sau Ls reprezintă raportul dintre valoarea capacității acumulatorului (la regimul de 10 h) și capacitatea unei plăci L1 (de 36 Ah). Elementele de la L1 la L28 se montează numai în vase de sticlă (simbol SLw sau DLw), iar cele de la L24 la L28 se pot monta și în vase de lemn căptușite cu tablă de plumb (simbol PL); litera D indică vase duble.

În tabela 3-29 sînt indicate principalele caracteristici ale cîtorva acumuloare din această categorie.

3. Electroliți pentru acumuloare cu plăci de plumb. Electrolițul pentru astfel de acumuloare se prepară din acid sulfuric STAS 164-51 (cu puritatea de 98,5%) diluat în apă distilată. În funcție de tipul acumulatorului, se folosește electroliț cu densitatea de la 1,08 pînă la 1,30 g/cm³.

În tabela 3-30 se indică proporțiile de acid și de apă distilată necesare pentru a obține un electroliț cu o anumită densitate.

Deoarece diluarea acidului în apă se face cu degajare puternică de căldură, trebuie să se toarne totdeauna acidul în apă (și nu invers) în cantități mici, amestecîndu-se continuu electrolițul.

Tabela 3-30. Rețeta preparării electrolitului cu o anumită densitate pentru acumuloarele cu plăci de plumb

Densitatea a a acidului sulfuric la 15 °C g/cm ³	Pentru 100 l electrolit cu densitatea a :							
	1,18		1,20		1,24		1,28	
	b	c	b	c	b	c	b	c
1,18	100,00	—	—	—	—	—	—	—
1,19	94,29	5,80	—	—	—	—	—	—
1,20	89,12	11,07	100,00	—	—	—	—	—
1,21	84,49	15,78	94,81	5,29	—	—	—	—
1,22	80,26	20,10	90,05	10,15	—	—	—	—
1,23	76,35	24,11	85,68	14,62	—	—	—	—
1,24	72,99	27,51	81,90	18,46	100,00	—	—	—
1,25	69,92	30,63	78,45	21,96	95,79	4,33	—	—
1,26	65,57	35,41	75,26	25,19	91,90	8,32	—	—
1,27	64,42	36,22	72,29	28,21	88,27	12,04	—	—
1,28	61,91	38,78	69,47	31,11	84,83	15,52	100	—
1,285	60,70	40,03	68,09	31,26	83,15	17,24	100,00	—
1,29	59,56	41,21	66,83	33,82	81,59	18,84	98,13	1,93
1,30	75,35	43,49	64,35	36,37	78,57	21,90	94,49	5,64
1,71	21,89	80,64	24,57	78,05	30,00	72,81	36,08	66,92
1,825	17,43	86,21	19,56	84,31	23,88	80,22	28,72	75,61
1,834	17,12	86,67	19,21	84,84	23,46	80,85	28,21	76,36
1,842	16,23	88,18	18,22	86,51	22,25	82,80	26,75	78,62
1,841	16,08	88,47	18,04	86,86	22,04	83,31	26,50	79,30

Notă. Amestecul se face din b litri de acid cu densitatea a și c litri de apă distilată.

Echivalența între densitatea ρ , exprimată în grame pe centimetru cub, și valoarea densității γ , exprimată în grade Beaumé (scara Beaumé fiind întrebuințată încă în practică), se poate stabili cu relația

$$\rho = \frac{144,30}{144,30 - \gamma} [\text{g/cm}^3], \text{ respectiv cu } \gamma = \frac{144,3 (\rho - 1)}{\rho} [^\circ \text{Bé}].$$

I. CONDENSATOARE PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA FACTORULUI DE PUTERE ÎN INSTALAȚIILE DE JOASĂ TENSIUNE

La noi în țară se produc tipurile de condensatoare din fig. 3-75; sînt construite din elemente de condensator cu două armături din foițe de aluminiu de grosimi diferite (7,5—12 μ), înfășurate pe ambele

fețe ale unei benzi dielectrice din hîrtie de condensator (impregnată cu ulei de condensator) cu grosimea de 10μ . Elementele de condensator sînt prevăzute cu siguranțe fuzibile și sînt conectate în

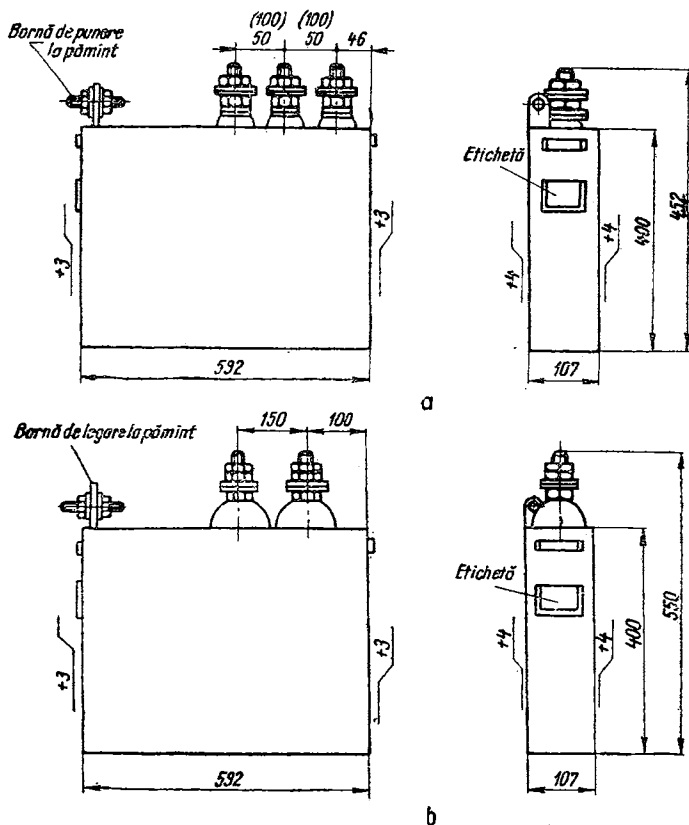


Fig. 3-75. Condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere:

a — tip CU 0,38-15-3, CU 0,50-15-3 și CU 1-15-3 (la ultimul distanța între borne este de 100 mm); b — tip CU 0,91/6,3-15-1.

paralel. Ansamblul este protejat într-o carcasă metalică închisă, prevăzută cu borne pentru conectarea la circuite și pentru legarea la pămînt.

Principalele caracteristici ale acestor condensatoare sînt indicate în tabela 3-31.

Tabela 3-31. Caracteristicile condensatoarelor pentru îmbunătățirea factorului de putere (După N.I. 815-61)

Caracteristica	Tipurile de condensatoare:			
	CU 0,38—15—3	CU 0,50—15—3	CU 0,91/6,3—15—1	CU 1—15—3
Tensiunea nominală, V	380	500	910	1 000
Frecvența nominală, Hz	50	50	50	50
Capacitatea nominală, μF	$330 \pm 15\%$	$192 \pm 15\%$	$57 \pm 15\%$	142,8
Tangenta unghiului de pierderi, ‰	0,6	0,6	0,6	0,6
Puterea nominală, kvar	$15 \pm 15\%$	$15 \pm 15\%$	$15 \pm 15\%$	$15 \pm 15\%$
Tensiunea de încercare între borne și cuvă, kV	3	3	3,92	Condensatorul este legat la masă (la cuvă)
Tensiunea de încercare între borne, kV	1,65	2,15	22	4,3
Numărul de faze	3	3	1	3
Greutatea, kg	40	40	40	40
Temperaturile de funcționare, °C	-20 ... +35	-20 ... +35	-20 ... +35	-20 ... +35
Altitudinea maximă, m	1 000	1 000	1 000	1 000
Umiditatea relativă maximă, ‰	65	65	65	65

IV. MAȘINI ȘI UTILAJE ELECTRICE

A. GENERALITĂȚI

Grupele tipurilor constructive de mașini electrice se dau în tabela 4-1.

Tipurile de protecție a mașinilor electrice sînt simbolizate, conform STAS 625-63, prin literele IP urmate de două cifre (de ex: IP 12); prima cifră indică gradul de protecție contra atingerii și pătrunderii corpurilor străine, astfel:

0 — pentru mașini fără protecție;

Tabela 4-1. Grupele tipurilor constructive de mașini electrice
(După STAS 3998-53)

Simbolul grupeii	Denumirea grupeii
L	Mașini cu axa orizontală, fără lagăre
S	Mașini cu axa orizontală și lagăre în scuturi (construcția obișnuită)
SP	Mașini cu axa orizontală cu lagăre în scuturi și lagăre-picior separat
P	Mașini cu axa orizontală și cu lagăre-picior
F	Mașini cu axa orizontală și fixare prin flanșă
V	Mașini cu axa verticală
VH	Mașini cu axa verticală tip hidrogenerator
VF	Mașini cu axa verticală și fixare prin flanșă și inel
A	Agregate cu două mașini electrice

- 1 — protecție ușoară, cu deschideri pînă la 50 mm diametru sau lărgime;
- 2 — protecție contra atingerii cu degetele; deschideri pînă la 12,5 mm;
- 3 — protecție contra pătrunderii uneltelor sau corpurilor străine; deschideri pînă la 2,5 mm;
- 4 — cu intervale de cel mult 1 mm;
- 5 — închisă complet, fără a elimina complet pătrunderea prafului, însă se poate folosi și în locuri cu praf mult (de ex. în fabricile de ciment);
- 6 — pătrunderea prafului este complet împiedicată.

A doua cifră indică gradul de protecție contra pătrunderii lichidelor, astfel:

- 0 — pentru mașini fără protecție;
- 1 — protecție contra căderii apei condensate de pe tavan (are placă acoperiș la partea superioară);
- 2 — protecție contra picăturilor căzînd pe verticală;
- 3 — protecție contra stropilor de apă pînă la 45° față de verticală;
- 4 — protecție contra stropilor de lichide din orice direcție;
- 5 — protecție contra stropirii cu furtunul;
- 6 — protecție contra pătrunderii apei din valuri (pe puntea vaselor);
- 7 — protecție în cazul cufundării în lichid;

Tabela 4-2. Limitele de încălzire a înfășurărilor mașinilor de curent continuu și alternativ

Clasa de izolație	Natura izolației	Temperatura maximă °C
A	Bumbac, mătase, hîrtie impregnată	100
E	Pelicule organice sintetice, emailuri pe bază de rășini sintetice	115
B	Materiale pe bază de mică, fibre de sticlă, azbest cu lianți organici	120
F	Materiale pe bază de mică, sticlă și azbest cu lianți rășini și lacuri alchidice epoxidice, poliesterice sau rășini silico-organice	140
H	Materiale pe bază de mică, fibre de sticlă, azbest, cu lianți lacuri și rășini siliconice	165
C	Materiale pe bază de mică, fibre de sticlă, porțelan, ceramică, cuarț fără lianți	peste 180

8 — protecție în cazul cufundării în lichid sub presiune (de ex. cazul pompelor submersibile).

Tipurile de protecție normalizate, conform STAS 625-63, sînt: IP 00, IP 11, IP 12, IP 22, IP 23, IP 33, IP 34, IP 54, IP 55, IP 66, IP 67.

Limitele de încălzire ale înfășurărilor mașinilor de curent continuu și alternativ sînt date în tabela 4-2.

Marcarea bornelor la mașini

a) La mașini de curent continuu:

- înfășurarea rotorului A_1-A_2
- înfășurarea de excitație derivație B_1-B_2
- înfășurarea de excitație serie C_1-C_2
- înfășurarea polilor auxiliari D_1-D_2
- legături echipotențiale ale bobinajelor E_1-E_2
- înfășurarea de excitație separată F_1-F_2
- înfășurare specială S_1-S_2

b) La mașini de curent alternativ:

- înfășurările de pe statorul mașinilor trifazate:
 - cu 6 borne $A-X, B-Y, C-Z$
 - cu 3 borne A, B, C
 - cu 4 borne (3 faze + neutru) A, B, C, D

- înfășurările rotorului mașinilor trifazate asincrone:
 - cu 6 borne $a-x, b-y, c-z$
 - cu 3 borne a, b, c
- înfășurările de excitație ale mașinilor sincrone
 - cu 2 borne I, i

B. MAȘINI ELECTRICE ROTATIVE

1. **Mașini de curent continuu.** În tabela 4-3 se dau caracteristicile principale ale unor mașini electrice de curent continuu fabricate în țară.

2. **Mașini sincrone.** În tabelele 4-4 și 4-5 sînt date caracteristicile tehnice ale unor generatoare și motoare sincrone de joasă tensiune fabricate în țară, iar în tabela 4-6 — turațiile sincrone pentru frecvența de 50 Hz, în funcție de numărul de perechi de poli.

3. **Motoare asincrone trifazate.** Caracteristicile tehnice ale unor motoare asincrone trifazate de joasă tensiune, de uz curent, sînt date în tabelele 4-7 și 4-8.

C. TRANSFORMATORE DE FORȚĂ

1. **Construcție.** Transformatorul monofazat cuprinde:

— o înfășurare primară cu N_1 spire, la bornele căreia se aplică tensiunea alternativă U_1 ;

— o înfășurare secundară cu N_2 spire, la bornele căreia se obține tensiunea U_2 ;

— un miez alcătuit din tole de oțel de transformator de 0,35—0,5 mm grosime, formînd un circuit magnetic închis fără derivație (la transformatorul „cu sîmbure”) sau cu două căi (la transformatorul cu mantă).

La transformatorul trifazat de construcție obișnuită se instalează trei perechi de înfășurări (cite una primară și una secundară), pe trei miezuri în același plan, reunite la capete.

Curentul care trece prin înfășurarea primară produce un flux magnetic variabil, care induce o forță electromotoare în înfășurarea secundară; dacă între bornele secundare se conectează impedențe ia naștere un curent de sarcină I_2 .

Tabela 4-3. Principalele caracteristici ale unor mașini electrice de curent continuu fabricate în țara noastră

Tipul	Puterea kW	Tensi- unea V	Curentul A	Turația rot/min	DA %	Randa- mentul	Clasa de izolație	Pro- tecția	Greu- tatea kg	Destinația
Ce-32 N	0,95	230	5,95	1 450	100	0,725	B		41	Acționări pe nave maritime
Ce-41 N	3,3		19,75	3 000		0,802			60	
Ce-42 N	2,7		15	1 500—2 300		0,817			70	
Ce-32 N	0,95		12,3	1 450	100	0,74	E		40	
Ce-41 N	3,5		89,2	3 000		0,81			60	
Ce-41 N	1,7		20	1 450		0,773			60	
Ce-42 N	2,66		30	1 500		0,805			70	
Ce-61 N	6,1	110	66,5	1 350	60 min 100	0,833	A	IP 22	140	Acționări pe nave fluviale
Ce-61 N	6,2		68	1 500		0,829				
Ce-82 N	12,5		139	1 050	100	0,847	Stator A Rotor B Stator B Rotor A		350	
Ce-82 N	12,5		134	1 100—1 450		0,847			350	
Ce-52 FN	2,4	230	28,3	980	30 min 40	0,807	B E și aux. BC		110	Acționare de vin- ciuri pe nave mari- time
Ce-53 N	4		44	1 500		0,83			90	
Ci-83 Nm	30	230	160	1 050	15 min 30 min	—	BC BC	P 54	685	Acționare de vin- ciuri pe nave flu- viale
Ci-83 Nm	17		90	700					780	
Ci-61 N	5,6	110	63	1 380		0,808	A		135	
Ci-82 N	11		117	1 020		0,855			350	

Tabela 4-3. (continuare)

Tipul	Puterea kW	Tensiunea V	Curentul A	Turația rot/min	DA %	Randamentul	Clasa de izolație	Protecția	Greutatea kg	Destinația
D 1	2,1	24—30	0—70	350—2 200	30 min	—	A	P 43	175	Generator pentru iluminarea vagoa- nelor de C.F.
M W 2 G W 2 G W 2 b	3,5 4,6 4,6	220 230 230	20	1 000	100	0,795 0,78 0,78	A B B	IP 33	330 360 360	Motor Generator Idem In grup Ward Leonard
GTS-350-B	Durata ciclului 2 min	30 30	350 215 (80—400)	—	35 100	—	—	—	—	Generator pentru sudură
GES-350 A	—	30 30	550 260 (80—400)	1 450	55 100	—	A	IP 11	630	Idem
GES-500 A	—	35 35	500 400 (100—700)	1 450	65 100	—	Stator A Rotor B	IP 22	950	Idem
CS 350	—	32 28	330 245 (50—370)	1 450	55 100	—	Stator A Rotor B	IP 22	420	Idem

Tabela 4-4. Caracteristicile unor generatoare sincrone trifazate de joasă tensiune pentru 50 Hz fabricate în țara noastră

Tipul	Puterea kVA	Tensiunea nominală între faze V	Curentul nominal A	Cos φ	Turația rot/min	Excitația			Observații
						Utilajul	Tensiunea de excitație V	Curentul de excitație A	
SC 1/2/110 TS	1,2	110	10,9	0,95	3 000	Redresor (auto-excitație)	45	3,3	Cu instalație de stabilizare a tensiunii
SC 4/400 TS	4	400 231	5,8 10	0,8	1 500	Idem	60	6,0	—
SC 30/400 TS	30	400 231	43,2 75	0,8	1 500	Idem	120	3,6	—
GEI-19	19	500	750	0,8	750	Excitatrice rotativă	57,5	10	84
GEI 38/8	38	400	10,5	0,8	750	Idem	84	10,5	87
GED-150	150	400	216	0,8	1 000	Idem	63	*)	*) Puterea excitatricei 2,4 kW
GOS-1200	1 200	400	1 730	0,8	250	Idem	62	**)	**) Idem, 30 kW

Tabela 4-5. Caracteristicile unor motoare electrice sincrone trifazate de joasă tensiune pentru $f=50$ Hz, fabricate în țara noastră

Tipul	Puterea kW	Tensiunea V		Curen- tul A	Cos φ	Turația rot/min	Randa- mentul %	Tensiunea de excita- ție A	Curentul de excitație V	M		I		M_{max} M_{nom}		GD^2 kg·m ²	Greu- tatea kg
										M_p	M_n	I_p	I_n				
MSI	100	380	500	171	1	300	89	17,8	132	1,06	1,2	4,3	4,6	1,755	1,91	360	340
		380	500	130	1	300	89	18	135	1,2	1,27	4,6	4,8	1,83	1,95	360	360
MSI	200	380	500	355	1	30	91	30	132	1,2	1,27	4,62	4,8	1,83	1,95	640	530
		380	500	254	1	30	91	31	135	1,27	1,27	4,8	4,8	1,83	1,95	640	545

Tabela 4-6. Turațiile sincrone n pentru frecvența de 50 Hz

Numărul de perechi de poli p	Turația n (rot/min)									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15
n	3 000	1 500	1 000	750	600	500	375	300	250	200

Tabela 4-7. Caracteristicile tehnice ale unor motoare trifazate asincrone cu rotorul în scurtcircuit

Tipul și protecția	Puterea kW	Turația nominală rot/min	Istator la $U=380$ V A	Randamentul %	Factorul de putere $\cos \varphi$	Raportat la valoarea nominală			Momentul de greutate ratie CD^2 kg·m ²	Greutatea kg
						Momentul de pornire M_p/M_n	Curentul de pornire I_p/I_n	Momentul maxim M_{max}/M_n		
Motoare de construcție normală, tip AS 1, protecție IP 33	0,8	2 850	1,89	76	0,84	2	6,5	2,2	0,007	18
	0,8	1 420	2,12	74	0,77	2	6,5	2,2	0,012	17
	0,8	935	2,41	72	0,70	1,8	6,5	2,2	0,023	27
	1,1	2 850	2,52	78	0,85	2	6,5	2,2	0,008	20
	1,1	1 420	2,76	76	0,79	2	6,5	2,2	0,017	20
	1,1	940	3,13	74	0,72	1,8	6,5	2,2	0,028	32
	1,1	705	3,66	71,5	0,64	1,7	6,5	2,0	0,074	37
	1,5	2 850	3,30	80	0,85	2	6,5	2,2	0,012	26
	1,5	1 430	3,57	78,5	0,81	2	6,5	2,2	0,023	27
	1,5	940	4,07	76	0,74	1,8	6,5	2,2	0,074	40
	1,5	705	4,6	74	0,67	1,7	6,5	2,0	0,093	46
	2,2	2 850	4,73	82	0,86	2	6,5	2,2	0,015	31
	2,2	1 430	5,03	81	0,82	2	6,5	2,2	0,028	31
	2,2	940	5,62	78	0,76	1,8	6,5	2,2	0,093	44
	2,2	706	6,3	77	0,69	1,5	6,5	2,0	0,192	60
	3	2 865	6,27	83,5	0,87	1,8	6,5	2,2	0,03	37
	3	1 430	6,61	83	0,83	1,8	6,5	2,2	0,042	38
	3	960	7,38	80	0,77	1,5	6,5	2,2	0,157	61
	3	710	8,15	79	0,61	1,5	6,5	2,0	0,239	71
	4	2 865	8,19	85	0,87	1,8	6,5	2,2	0,037	43,5
	4	1 450	8,55	84	0,84	1,8	6,5	2,2	0,052	44
	4	960	9,4	82	0,78	1,5	6,5	2,2	0,193	72
	4	720	10,25	81	0,73	1,4	6,5	2,0	0,43	98
	5,5	2 890	11,1	86	0,88	1,8	6,5	2,2	0,058	57
	5,5	1 450	11,5	85,5	0,85	1,7	6,5	2,2	0,115	66
	5,5	970	12,57	84	0,79	1,5	6,5	2,2	0,412	98
	5,5	720	13,40	83	0,75	1,4	6,5	2,0	0,552	118
	7,5	2 890	14,8	87	0,88	1,8	6,5	2,2	0,077	68
	7,5	1 450	15,4	86,5	0,85	1,7	6,5	2,2	0,147	78
	7,5	975	16,2	85,5	0,80	1,5	6,5	2,2	0,54	118
	7,5	720	17,4	85	0,77	1,4	6,5	2,0	—	143
	10	2 9 0	19,5	87,5	0,89	1,7	6,5	2,2	0,187	104
	10	1 460	20,1	87,5	0,86	1,5	6,5	2,2	0,34	113,5
	10	975	21,1	86,5	0,82	1,5	6,5	2,0	—	145
	10	720	22,6	86	0,78	1,4	6,5	2,0	—	160

Tabela 4-7 (continuare)

Tipul și protecția	Puterea kW	Turația nominală rot/min	Istator la $U=380$ V A	Randamentul %	Factorul de putere $\cos \varphi$	Raportat la valoarea nominală			Momentul de gi- rație $G D^2$ kg·m ²	Greutatea kg
						Momentul de pornire M_p/M_n	Curentul de pornire I_p/I_n	Momentul maxim M_{max}/M_n		
Motoare de construcție normală, tip AS 1, protecția IP 33	13	2 920	25,2	88	0,89	1,7	6,5	2,2	0,243 0,412	116
	13	1 460	25,9	88,5	0,86	1,5	6,5	2,0		134,5
	13	975	27,1	87,5	0,82	1,5	6,5	2		161
	13	720	26,4	87,0	0,79	1,3	6,5	2		220
	17	2 920	32,3	88,5	0,89	1,5	6,5	2,2		160
	17	1 460	33,5	89	0,87	1,5	6,5	2,0		156
	17	975	35	88,5	0,83	1,4	6,5	2,0		200
	17	720	36,2	88	0,80	1,3	6,5	2		240
	22	2 920	41,8	88,5	0,90	1,4	6,5	2,2		190
	22	1 460	42,8	89,5	0,88	1,4	6,5	2,0		195
	22	975	44,6	89	0,84	1,4	6,5	2		240
	22	730	45	90	0,82	1,3	6,5	2		405
	30	2 920	56,7	89,5	0,90	1,4	6,5	2,2		230
	30	1 460	57,35	90	0,88	1,4	6,5	2,0		235
	30	975	58,3	91	0,86	1,4	6,5	2		05
	30	730	61	90,5	0,828	1,3	6,5	2		480
	40	2 930	75	89,5	0,905	1,4	6,5	2,2		405
	40	1 465	75,5	91	0,865	1,4	6,5	2,0		400
	40	975	77	91,5	0,865	1,4	6,5	2		480
	40	730	80	91	0,835	1,3	6,5	2		630
	55	2 930	102	90	0,91	1,4	6,5	2,2		480
	55	1 470	102,5	92	0,89	1,4	6,5	2,0		480
	55	980	105	92	0,870	1,3	6,5	2		630
	55	730	108	91,5	0,845	1,3	6,5	2		770
	75	2 940	138	90,5	0,915	1,2	6,5	2,2		630
	75	1 470	139	91,5	0,892	1,2	6,5	2,0		630
	75	980	141	92,5	0,875	1,3	6,5	2		770
	100	2 950	138	91	0,92	1,2	6,5	2,2		770
	100	1 480	182,5	92,8	0,895	1,2	6,5	2,0		770
	1	(1 000)	2,9	76	0,69	2,8	5,2	3,1		38
	1,8	(1 000)	4,65	76	0,64	2,45	4,6	3,2		45
Motoare de macara seria MS cu $DA_n = 40\%$	1	(750)	3,55	70	0,65	2,7	3,7	3,1		45
	3	(1 000)	7,84	78	0,748	1,85	4,6	2,95		61
	1,8	(750)	5,9	71	0,65	2,37	3,75	3,25		61
	5	(1 000)	13	78	0,748	2,02	5,27	3,84		85
	3	(750)	8,7	75	0,69	2,135	4,46	3,37		85

Notă: DA_n — Durata de anclanșare nominală.

Tabela 4-8. Caracteristicile tehnice ale motoarelor asincrone de macara cu rotorul bobinat, seria M₃ (M₀), pentru condiții grele de lucru cu $DA_n = 40\%$.

Tensiunea nominală 380 V la conexiunea în stea (la stator)

Tipul motorului	Putere nominală la $DA_n = 40$, kW	Curentul în stator I_n , A	Randamentul η %	$\cos \varphi$	Turația n rot/min	Rotor		Rezistența rotorului R_2 a 75°C, Ω	$\frac{M_{max}}{M_n}$	Momentul de girafie GD^2 , kg·m ²	Greutatea kg
						Tensiunea înre inele $E_2 N$, V	Curentul I_2 , A				
M ₃ —41—6	3	7,8	75	0,71	920	109	19,6	0,231	2,8	0,45	116
M ₃ —42—6	5	13	77	0,84	930	164	21	0,280	2,5	0,6	150
M ₃ —52—6	7,5	20,2	80	0,71	950	130	38	0,136	3,5	1,05	185
M ₃ —61—6	11	27	82	0,755	955	220	30,5	0,123	4	2,1	235
M ₃ —61—8	15	20,4	80	0,7	715	142	36	0,083	2,7	2,1	
M ₃ —62—6	16	40	82,5	0,74	955	270	35	0,114	3,6	2,94	335
M ₃ —62—8	11	28	81,3	0,73	720	220	30,5	0,165	3,2	2,94	335
M ₃ —71—6	23	56	84	0,745	960	290	53,5	0,0866	3,1	4,58	440
M ₃ —71—8	16	39,5	83,5	0,74	720	173	51,5	0,099	3,5	4,58	440
M ₃ —71—10	11	27,5	82	0,74	568	214	31	0,173	2,9	4,58	440
M ₃ —72—6	32	78,5	84	0,74	960	336	61	0,062	4	6,23	520
M ₃ —72—8	23	57	83,5	0,735	720	245	61,5	0,073	3,5	6,23	520
M ₃ —72—10	16	38,5	85	0,74	572	269	36,5	0,146	2,8	6,23	520
M ₃ —91—6	45	100	89	0,77	970	230	122	0,0294	4,5	14	700
M ₃ —91—8	32	73	89	0,75	725	187	112	0,0209	4,5	14	700
M ₃ —91—10	23	55	85	0,75	576	124	123	0,0183	3,2	14	700
M ₃ —92—6	60	128	89	0,8	975	332	120	0,0244	4,5	18,1	815
M ₃ —92—8	45	101	88,5	0,765	725	246	120	0,024	3,8	18,1	815
M ₃ —92—10	32	76,5	87	0,715	580	172	123	0,0227	3,5	19,1	815

2. Funcționarea transformatoarelor. Folosindu-se indicele 1 pentru înfășurarea primară și 2 pentru cea secundară, mărimile ce interesează sînt următoarele:

- U_1 și U_2 — tensiunile la bornele înfășurării primare și secundare;
- E_{c1} — f.c.e.m. indusă în înfășurarea primară de curentul primar;
- I_1 și I_2 — curenții (pe fază) în înfășurări;
- R_1 și R_2 — rezistențele ohmice ale înfășurărilor;
- X_1 și X_2 — reactanțele de scăpări ale înfășurărilor primare și secundare;
- Φ — valoarea maximă a fluxului principal (care se închide prin miez);
- E_2 — f.e.m. indusă în înfășurarea secundară de fluxul principal;
- U_{s1} , U_{s2} — pierderile de tensiune în înfășurări datorite fluxului de scăpări ($U_{s1} = X_1 I_1$; $U_{s2} = X_2 I_2$);
- I_0 — curentul de mers în gol;
- P_1 , P_2 — puterile active la bornele celor două înfășurări ale transformatorului;
- S_1 , S_2 — puterile aparente la bornele celor două înfășurări;
- p_1 , p_2 — pierderile de putere activă în conductoarele înfășurărilor;
- p_{cu} — totalul pierderilor active în înfășurări ($p_{cu} = p_1 + p_2$);
- p_{Fe} — pierderile de putere în miez (oțel);
- p_0 — pierderile la mersul în gol ($p_0 \approx p_{Fe}$);
- p_{sc} — pierderile în înfășurări la proba de scurtcircuit ($p_{sc} \approx p_{cu}$ pentru I_1 și I_2 la valori nominale);
- $k = \frac{N_1}{N_2}$ — raportul de transformare al transformatorului;
- S_{tr} — puterea nominală a transformatorului la bornele înfășurării secundare (cu U_2 și I_2 la valori nominale, $S_{tr} = U_2 I_2$);
- $I'_2 = \frac{I_2}{k}$ — curentul secundar raportat la înfășurarea primară;
- U — tensiunea de bază la care se efectuează calculul;
- R_T — rezistența echivalentă pe fază, în Ω ;
- X_T — reactanța echivalentă pe fază, în Ω .

a. *Încercarea în scurtcircuit a transformatorului* se face cu înfășurarea secundară scurtcircuitată, aplicînd la bornele înfășurării primare o tensiune redusă (u_{1sc}) față de tensiunea

nominală U_1 , astfel încît curenții în ambele înfășurări să aibă valoarea nominală. Raportul $\frac{u_{sc}}{U_1} 100$ se notează cu $u_{sc} [\%]$ și se numește *tensiune de scurtcircuit a transformatorului (în procente)*.

Puterea absorbită de transformator la încercarea în scurtcircuit este egală cu pierderile nominale în înfășurări (p_{cu}).

b. *Încercarea de mers în gol a transformatorului* se face aplicînd tensiunea nominală la bornele înfășurării primare, iar bornele înfășurării secundare rămînînd libere (fără legături între ele sau la receptoare). La această încercare curentul absorbit de transformator este *curentul de mers în gol* I_0 , care de obicei se dă în procente față de curentul în înfășurarea primară ($I_{0[\%]} = \frac{I_0}{I_1} 100$).

Puterea absorbită de transformator la proba de mers în gol este formată dintr-o componentă activă reprezentînd pierderile în fier (p_{Fe}) și o componentă reactivă inductivă (puterea magnetizantă):

$$\Delta Q_\mu = \frac{I_{0[\%]}}{100} S_n.$$

c. *Funcționarea transformatorului în gol:*

$$\bar{U}_1 = \bar{E}_{e1} + \bar{X}_1 \bar{I}_0 + \bar{R}_1 \bar{I}_0; E_2 = U_{20} = 4,44 f N_2 \Phi$$

$$P_1 = P_{10} = U_1 I_0 \cos \varphi_0 = R_1 I_0^2 = p_{Fe}; U_{20} = \frac{U_1}{K}.$$

Diagrama vectorială de funcționare a transformatorului în gol este dată în fig. 4-1, a.

d. *Funcționarea transformatorului în sarcină:*

$$\bar{U}_1 = \bar{E}_{e1} + \bar{X}_1 \bar{I}_1 + \bar{R}_1 \bar{I}_1; \bar{E}_2 = \bar{U}_2 + \bar{X}_2 \bar{I}_2 + \bar{R}_2 \bar{I}_2;$$

$$I_1 + \frac{\bar{I}_2}{k} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = \bar{I}_0; \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{N_1}{N_2} = k \approx \frac{I_2}{I_1}.$$

Diagrama vectorială de funcționare a transformatorului în sarcină este dată în fig. 4-1, b.

e. *Funcționarea transformatorului în scurtcircuit:*

$$U_2 = 0; I_0 \approx \text{neglijabil}$$

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2' \approx 0; \bar{I}_1 = -\bar{I}_2'.$$

Schemele echivalente ale transformatorului sînt date în fig. 4-2. Rezistența echivalentă pe fază este

$$R = \frac{p_{cu} [W] U_n [kV]}{S_n^2 [kVA]}.$$

Reactanța echivalentă pe fază este

$$X = \frac{10 u_r [\%] U_n^2 [kV]}{S_n [kVA]},$$

în care $u_r [\%] = \sqrt{u_{sc}^2 [\%] - u_a^2 [\%]}$, iar $u_a [\%] = \frac{p_{cu}}{S_n} 100$.

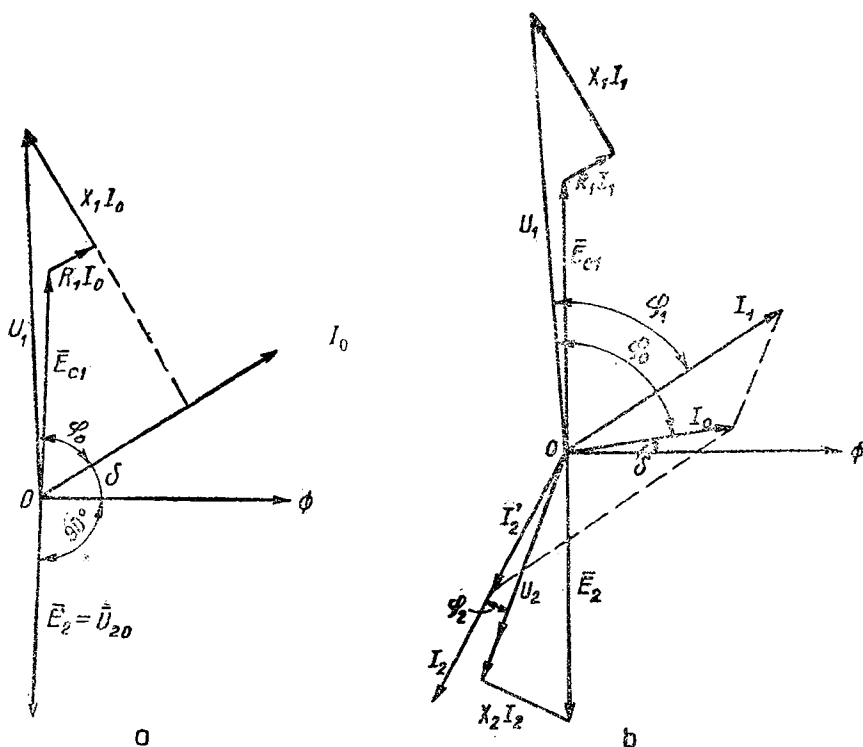


Fig. 4-1. Diagrame vectoriale de funcționare a transformatorului:

a — în gol; b — în sarcină.

Conductanța activă, corespunzătoare pierderilor în fier este

$$G_{[s]} = \frac{p_{Fe[kW]} 10^{-3}}{U_{[kV]}^2}.$$

Conductanța reactivă (susceptanța) corespunzătoare curentului de magnetizare I_0 este

$$B_{[s]} = \frac{I_0 [a] S_n [kVA]}{10^5 U_{[kV]}^2}.$$

Puterea reactivă consumată pentru magnetizare este

$$\Delta Q_{\mu [kvar]} = 10^3 U_{[kV]}^2 B_{[s]}.$$

Pierderea de tensiune în transformator se deduce din fig. 4-3, astfel:

$$\Delta \bar{U}_T = \bar{U}_1 - \bar{U}_2 = \overline{AC} = \overline{AB} + \overline{BC}; \quad \overline{OC} = \bar{U}_1.$$

$$\overline{AB} = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi$$

$$BC = U_1 - \sqrt{U_1^2 - BD^2} = U_1 - \sqrt{U_1^2 - (RI \sin \varphi - XI \cos \varphi)^2};$$

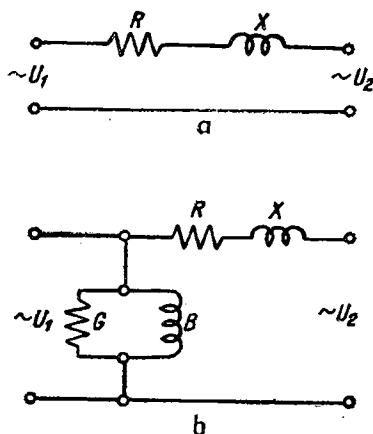


Fig. 4-2. Scheme echivalente ale transformatorului:

a — simplificată; b — complexă.

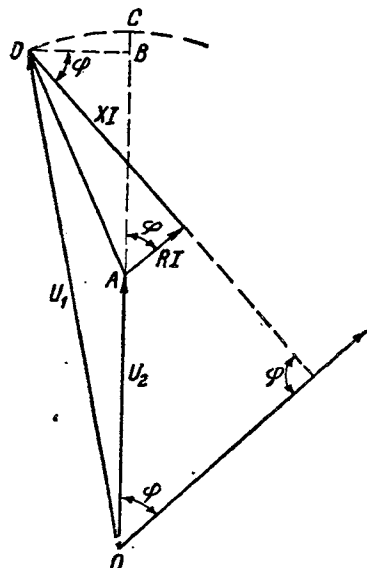


Fig. 4-3. Diagrama vectorială a pierderii de tensiune în transformator.

se poate lua în practică $BC=0,005 (RI \sin \varphi - XI \cos \varphi)^2$, deci $\Delta U_T = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi + 0,005 (RI \sin \varphi - XI \cos \varphi)^2$.

Exemplul 4-1. Se cere să se calculeze pierderea de tensiune într-un transformator trifazat de 2 500 kVA cu $p_{cu}=27$ kW și $u_{sc}=6\%$, la tensiunea de 0,4 kV.

$$I = \frac{2\,500}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 3\,610 \text{ A}; R = \frac{1\,000 \times 27 \times 0,4^2}{2\,500^2} = 0,00069 \, \Omega.$$

$$u_a[\%] = \frac{p_{cu}}{S_n} 100 = \frac{27}{2\,500} 100 = 1,08$$

$$U_r = \sqrt{U_{sc}^2[\%] - U_a^2[\%]} = \sqrt{6^2 - 1,08^2} = 5,9\%$$

$$X = \frac{10 u_r U_n^2}{S_n} = \frac{10 \times 5,9 \times 0,4^2}{2\,500} = 0,00367 \, \Omega.$$

Pentru cazul când $\cos \varphi=0,8$ și $\sin \varphi=0,6$,

$$\Delta U_T = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi + 0,005 (RI \sin \varphi - XI \cos \varphi)^2 =$$

$$= 0,00069 \times 3\,610 \times 0,8 + 0,00377 \times 3\,610 \times 0,6 +$$

$$+ 0,005 (0,00069 \times 3\,610 \times 0,6 - 0,00377 \times 3\,610 \times 0,8)^2 =$$

$$= 1,995 + 13,6 + 0,005 (1,495 - 10,9)^2 = 1,995 + 13,6 + 0,44 = 16,04 \text{ V.}$$

f. *Puterea nominală a transformatoarelor* este puterea în kilovoltamperi debitată în circuitul secundar (la tensiunea nominală și curentul nominal).

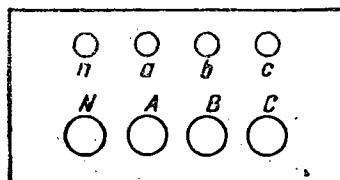


Fig. 4-4. Marcarea și așezarea bornelor la transformatoarele trifazate.

Pentru transformatoarele de forță trifazate, în STAS 440-62 se prevăd următoarele puteri nominale (pînă la 1 600 kVA): 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630 și 1 600 kVA.

g. *Marcarea și așezarea bornelor* la transformatoarele trifazate cu două înfășurări se face ca în fig. 4-4. Transformatorul privit dinspre

partea cu bornele de înaltă tensiune, are bornele de nul (N și n) în stînga.

h. *Grupele de conexiuni la transformatoarele trifazate*, conform STAS 1703-60, sînt indicate în tabela 4-9.

Tabela 4-9. Grupele de conexiuni la transformatoarele trifazate
(După STAS 1703-60)

Grupa	Simbol	Diagramele vectoriale ale tensiunilor:		Schemele de conexiuni ale înfășurărilor de tensiune:		Domeniul de utilizare
		înalte	joase	înaltă	joasă	
12	Yy—12					La transformatoare coboritoare pentru distribuție de forță și la transformatoare ridicătoare
	Dy—11					La transformatoare coboritoare pentru distribuție de lumină (firul neutru se poate încărca 100 %)
11	Yd—11					La transformatoare ridicătoare pentru centrale și stații
	Yz—11					Același ca la conexiunea Dy-11, numai pînă la 100 kVA
5	Dy—5					Același ca la conexiunea Dy-11
	Yd—5					Același ca la conexiunea Yd-11
	Yz—5					Același ca la conexiunea Yz-11

Y, y — conexiuni în stea
 D, d — conexiuni în triunghi
 z — conexiune în zigzag

} literele mari sînt pentru tensiunea superioară, iar cele mici — pentru tensiunea inferioară.

În cazul conexiunii în stea cu punctul neutru accesibil (scos la o bornă) se folosesc notațiile Y_0, y_0 .

Cifra caracteristică (12, 11 sau 5) este determinată prin unghiul de decalaj între tensiunile la bornele înfășurărilor primară și secundară. Cifra este egală cu a 30-a parte din valoarea în grade a unghiului de decalaj (de exemplu între tensiunile la bornele AB și ab). Unghiul se măsoară rotind vectorul tensiunii inferioare în sens invers acelor unui ceasornic pînă cînd se suprapune (cu vectorii în același sens) peste cel al tensiunii superioare. Cifra 12 corespunde la suprapunere de faze (decalaj 0).

În tabelele 4-10 și 4-11 sînt indicate unele caracteristici electrice și constructive ale transformatoarelor de 100—1 000 kVA, fabricate în țara noastră.

Tabela 4-10. Caracteristicile transformatoarelor trifazate de 25—1 000 kVA, cu tensiunea de 6 kV, conform STAS 440-62, pentru două calități (A și B) de tablă de transformator, la înfășurări cu conductoare de aluminiu

Puterea nominală S	i ₀	Pierderi, în wați			U _{sc}	Grupa de conexiuni
		p ₀ ≈ p _{Fe} (wați)		p _{sc} = p _{Cu}		
		A	B			
kVA	% din I _n				%	
25	4,1	220	155	825	4	Yz-5
40	3,9	310	220	1 230	4	Yz-5
63	3,7	430	300	1 815	4	Yz-5
100	3,4	600	480	2 300	4	Yz-5, Yy-12
160	3,2	890	685	3 720	4	Yz-5, Yy-12
250	2,9	1 100	850	5 040	6	Dy-5, Yy-12
400	2,7	1 470	1 130	6 850	6	Dy-5, Yy-12
630	2,4	1 920	1 530	9 720	6	Dy-5, Yy-12
1 000	2,1	2 830	2 200	13 900	6	Dy-5, Yy-12

i. *Suprasarcinile temporare admise la transformatoare de putere* sînt date în tabela 4-12.

j. *Funcționarea în paralel a transformatoarelor.* Transformatoarele pot funcționa în paralel dacă sînt îndeplinite următoarele condiții:

— tensiunile primare și secundare și deci raporturile de transformare să fie egale (în limita reglajelor de tensiune prevăzute);

Tabela 4-11. Elementele constructive aproximative ale transformatoarelor trifazate de 100—1 000 kVA, cu tensiunea înaltă de 6 kV

Puterea kVA	Gabaritul, mm			Greutatea, kg:			Distanța între axele roților mm
	înălțimea	lungimea	lățimea	partea demontabilă	uleiul	Total	
100	1 490	1 230	750	480	310	1 000	520
160	1 680	1 270	850	600	430	1 300	500
250	1 800	1 470	1 050	800	520	1 700	520—670
400	2 010	1 540	1 090	1 070	870	2 500	670
630	2 230	1 530	1 270	1 400	900	3 000	670
1 000	2 620	2 150	1 450	2 100	1 160	4 400	820

Tabela 4-12. Suprasarcinile temporare admise în transformatoare

Durata	2 h	30 min	15 min	7 min 30 s	3 min 30 s	1 min 30 s
Suprasarcina [%]	30	60	75	100	140	200

— tensiunile de scurtcircuit să fie egale (se admit diferențe între valorile lor de cel mult 10% din valoarea medie);

— să facă parte din aceeași clasă de conexiuni, adică să aibă aceeași cifră caracteristică;

— raportul între puterile nominale ale transformatoarelor să fie cel mult 3/1.

La funcționarea în paralel, sarcina electrică se împarte proporțional cu puterea nominală și invers proporțional cu tensiunea de scurtcircuit a fiecărui transformator.

Transformatoarele din grupele de conexiuni 5 și 11 (v. tabela 4-9) pot fi de asemenea legate în paralel, cu condiția ca la grupa 11 să se considere drept bornă *a*, borna *c* și drept bornă *c*, borna *a*.

Notîndu-se cu S_1 , S_2 și S_3 puterile nominale (în kVA) ale transformatoarelor și cu u_{sc1} , u_{sc2} , u_{sc3} tensiunile lor de scurtcircuit, în procente din sarcina totală $S = S_1 + S_2 + S_3$, ele vor prelua sarcinile S'_1 , S'_2 și S'_3 date de relațiile

$$S'_1 = S_1 \frac{u_{sc}}{u_{sc1}}; S'_2 = S_2 \frac{u_{sc}}{u_{sc2}} \text{ etc.,}$$

$$\text{în care } u_{sc} = \frac{S}{\frac{S_1}{u_{sc1}} + \frac{S_2}{u_{sc2}} + \frac{S_3}{u_{sc3}}}.$$

k. *Randamentele transformatoarelor.* Pierderile active într-un transformator sînt următoarele:

— în înfășurarea primară și secundară:

— la transformatoare monofazate:

$$p_{cu} = p_1 + p_2 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2;$$

— la transformatoare trifazate:

$$p_{cu} = p_1 + p_2 = 3R_1 I_1^2 + 3R_2 I_2^2;$$

— în circuitul magnetic (în fier): p_{Fe} .

Randamentul transformatorului este:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + p_{cu} + p_{Fe}} = \frac{P_2}{P_2 + p} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - p}{P_1}.$$

Randamentul maxim la transformatoare se obține la încărcarea

$$S = S_{nom} \sqrt{\frac{p_{Fe}}{p_{cu}}}.$$

D. AUTOTRANSFORMATORE

Autotransformatoarele (fig. 4-5) sînt transformatoare cu o singură înfășurare, cu prize pentru tensiunea primară și secundară.

Între mărimile primare și secundare există relațiile următoare:

$$U_2 \approx \frac{N_{AC}}{N_{AC} + N_{CB}} U_1 = \frac{N_{AC}}{N_{AB}} U_1;$$

$$I_1 N_{AB} = -I_2 N_{AC}; I_1 = -\frac{I_2}{k}; S'_T = U_2 I_2,$$

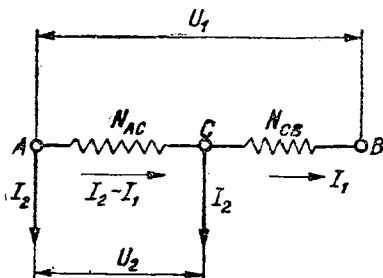


Fig. 4-5. Schema unui autotransformator.

în care N_{AC} , N_{CB} , N_{AB} reprezintă numerele de spire între punctele respective A și C, C și B și A și B.

Autotransformatoarele sînt mai puțin costisitoare decît transformatoarele de aceeași putere, însă au dezavantajul că înfășurarea primară nu este separată electric (galvanic) de înfășurarea secundară.

Autotransformatoarele se folosesc în cazurile în care este necesar un raport de transformare mic, de exemplu pentru obținerea unei tensiuni reduse la pornirea motoarelor în scopul micșorării curentului de pornire.

E. REDRESOARE CU SEMICONDUCTOARE

Redresoarele folosesc semiconductoare (seleniu, cupru-oxid, siliciu etc.) și sînt folosite pentru transformarea curentului alternativ în curent continuu, pe baza proprietății semiconductoarelor de a opune o rezistență mare la trecerea curentului într-un sens și una foarte mică la trecerea curentului în sens invers.

Mărimile ce interesează la redresoare sînt următoarele:

U_2 — valoarea eficace a tensiunii pe fază în secundarul transformatorului care alimentează redresorul;

I_2 — valoarea eficace a curentului în secundarul transformatorului;

U_d — valoarea medie a tensiunii redresate;

U_e — valoarea eficace a tensiunii redresate;

$U_{i\max}$ — valoarea maximă a tensiunii inverse la care este supusă o coloană redresată;

I_a — valoarea medie a curentului într-o coloană redresoare;

$I_{a\max}$ — valoarea maximă a curentului într-o coloană redresoare;

P — puterea debitată de secundarul transformatorului.

Pentru sarcini formate din rezistențe ohmice, raporturile între valorile caracteristice ale schemelor redresoare sînt arătate în continuare.

1. Alimentare monofază

a. *Redresarea unei singure alternanțe* (fig. 4-6, a):

$$U_d = 0,45 U_2; U_e = 0,707 U_2 = 1,57 U_d;$$

$$U_{i\max} = 3,14 U_d = 1,41 U_2;$$

$$I_a = I_d; I_{a\max} = 3,14 I_d;$$

$$I_2 = 1,57 I_d; P = 3,09 U_d I_d.$$

b. Redresarea ambelor alternanțe cu punte simplă (fig. 4-6, b):

$$U_d = 0,9 U_2; U_e = U_2 = 1,11 U_d.$$

$$U_{i \max} = 3,14 U_d = 2,828 U_2;$$

$$I_a = 0,5 I_d; I_{a \max} = 1,57 I_d;$$

$$I_2 = 0,786 I_d; P = 1,48 U_d I_d.$$

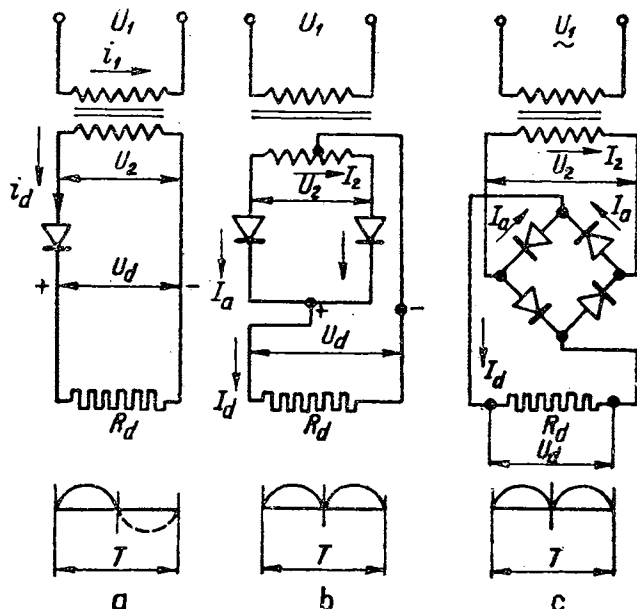


Fig. 4-6. Scheme de redresare cu alimentare monofazată și forma curentului redresat într-o perioadă:

a — cu redresarea unei singure alternanțe; b — cu redresarea ambelor alternanțe, cu punte simplă; c — cu redresarea ambelor alternanțe, cu punte dublă.

c. Redresarea ambelor alternanțe cu punte dublă (fig. 4-6, c):

$$U_d = 0,9 U_2; U_e = U_2 = 1,11 U_d;$$

$$U_{i \max} = 1,57 U_d = 1,414 U_2;$$

$$I_a = 0,5 I_d; I_{a \max} = 1,57 I_d;$$

$$I_2 = 0,786 I_d; P = 1,23 U_d I_d.$$

2. Alimentarea trifazată.

a. *Cu punte simplă* (fig. 4-7, a):

$$U_d = 1,17 U_2; U_e = 1,19 U_2 = 1,017 U_d;$$

$$U_{i \max} = 2,09 U_d = 2,45 U_2;$$

$$I_a = 0,333 I_d; I_{a \max} = 1,21 I_d;$$

$$I_2 = 0,587 I_d; P = 1,345 U_d I_d.$$

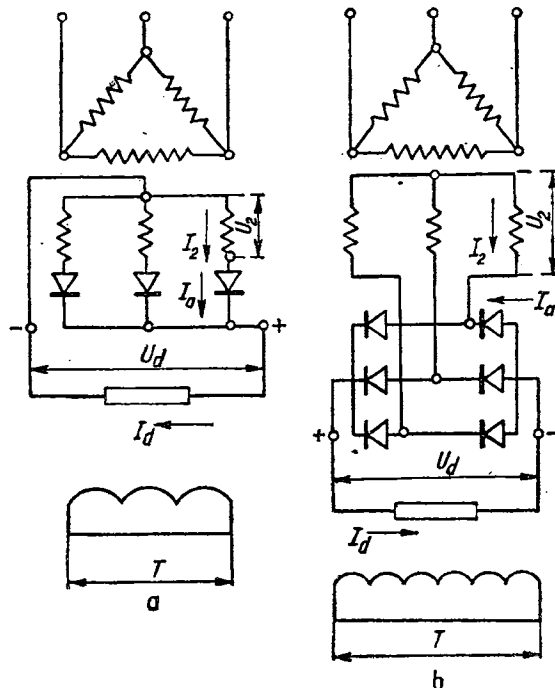


Fig. 4-7. Schema de redresare cu alimentare trifazată și forma curentului redresat într-o perioadă:

a — cu punte simplă; b — cu punte dublă.

b. *Cu punte dublă* (fig. 4-7, b):

$$U_d = 2,35 U_2; U_e = 2,35 U_2 = U_d;$$

$$U_{i \max} = 1,045 U_d = 2,45 U_2;$$

$$I_a = 0,333 I_d; I_{a \max} = 1,045 I_d;$$

$$I_2 = 0,815 I_d; P = 1,045 U_d I_d.$$

Tensiunea inversă maximă U_{iad} admisă pentru un element redresor cu seleniu este de 20—25 V, iar pentru cupru-oxid este de 8—10 V.

Curentul maxim $I_{a\max}$ admis într-un element de redresor cu răcire naturală are valorile din tabela 4-13.

Tabela 4-13. Valorile curentului maxim $I_{a\max}$ admis într-un element de redresor cu răcire naturală

Natura elementului redresor	Diametrul mm	$I_{a\max}$ A
Seleniu	18	0,04
	25	0,07
	35	0,15
	45	0,3
	100	1,5
Cupru-oxid	41	0,3

Exemplul 4-2. Pentru un redresor cu seleniu care trebuie să debiteze curentul $I_d=1$ A la $U_d=110$ V se poate aplica schema din fig. 4-6, b cu redresarea ambelor alternanțe în punte simplă.

Tensiunea inversă maximă este

$$U_{i\max}=3,14 U_d=3,14 \times 110=345 \text{ V.}$$

Numărul de elemente redresoare de legat în serie într-o coloană pe un braț al punții va fi

$$n = \frac{U_{i\max}}{U_{iad}} = \frac{345}{25} \approx 14 \text{ elemente.}$$

Valoarea medie a curentului redresat într-un braț al punții este

$$I_a=0,5 I_d=0,5 \times 1=0,5 \text{ A.}$$

Dacă se iau elemente cu diametrul de 45 mm (v. tabela 4-13), numărul de coloane de legat în paralel pe un braț al punții este

$$m = \frac{I_a}{I_{a\max}} = \frac{0,5}{0,3} \approx 2 \text{ coloane.}$$

În total sînt necesare $2 m n = 2 \times 14 \times 2 = 56$ elemente.

Tensiunea în secundarul transformatorului redresorului este

$$U_2 = \frac{U_d}{0,9} = \frac{110}{0,9} \approx 122 \text{ V.}$$

În tabela 4-14 se dau caracteristicile unor redresoare fabricate de uzina Electromagnetica.

Tabela 4-14. Caracteristicile unor redresoare fabricate de Uzina Electromagnetica

Simbolul redresorului	Destinația	Tensiunea de alimentare alternativă V	Tensiunea continuă produsă U_n V	Curentul continuu debitat A	Cama de reglare a tensiunii	Aparate de măsurat In ³ c.o.	Greutatea kg	Căbățul, mm $\left(\frac{\text{lungimea} \times \text{lățimea}}{\text{înălțime}}$
RS-7273 A RS-7273 B RS-7276 A	Pentru telecomunicații. Încărcarea bateriei acumulator în tampon	120/220 120/220 120/220	180 260 32	2 1,5 1,5	(0,7...1) U_n (0,7...1) U_n (0,7...1) U_n	A A A	35 35 35	$\frac{450 \times 400}{450}$ $\frac{450 \times 500}{450}$
RS-7231 A RS-70534 A RS-70557 A	Pentru alimentarea directă a centralelor telefonice fără baterie de acumulator	120/220 120/220 120/220	24 24 24	1,2 1,2 1,2	— — —	— — —	18 14 14	$\frac{250 \times 180}{342}$ $\frac{260 \times 165}{300}$
RS-7231 B	Alimentarea în tampon a centralelor telefonice	120/220	24	1,2	(0,8...1) U_n	—	10	$\frac{210 \times 165}{240}$
RS-7742 A	Pentru încărcarea acumulatorilor sau funcționare în tampon	3X380/220	220	10	(0,9...1,1) U_n	A, V	130	$\frac{650 \times 530}{800}$
RS-70535 A RS-70534 A RS-70534 B	Încărcare rapidă a bateriilor de acumulator	120/220 120/220 120/220	24 48 24	10 10 20	(0,2...1) U_n (0,2...1) U_n (0,2...1) U_n	A A A	30 40 40	$\frac{370 \times 305}{550}$ $\frac{350 \times 305}{450}$

Tabela 4-14 (continuare)

Simbolul redresorului	Destinația	Tensiunea de alimentare alternativă V	Tensiunea continuă produsă U_n V	Curentul continuu debitat A	Gama de reglare a tensiunii	Aparate de măsurat (n) c.o.	Greutatea kg	Gabaritul, mm (lungimea × lățimea × înălțime)
RS-70611 A RS-70611 B RS-70611 C	Idem Idem Idem	3×380/220 V 3×380/220 V 3×380/220 V	80 160 320	40 20 10	55—80 V 110—160 V 220—320 V	A, V A, V A, V	200 200 200	650×600 $1\ 250$
RS-70500 A RS-70500 B	Încărcarea de acumulatori sau funcționare în tampon	3×380/220 V 3×380/220 V	220 80	10 25	(0,9...1,1) U_n (0,9...1,1) U_n	A, V A, V	57 75	550×450 600
RS-70670 A RS-70670 B RS-70670 C	Încărcarea bateriilor de acumulatori	3×380 sau 3×220 Idem Idem	80 160 320	150 60 30	(0...1) U_n (0...1) U_n (0...1) U_n	A, V A, V A, V	1 750 1 750 1 750	$1\ 540 \times 1\ 430$ $1\ 040$
RS-7814 A	Încărcarea rapidă a bateriilor de acumulatori	220	50	30	(0,9...1,1) U_n	A, V	100	650×380 650
RS-70464 A RS-70463 A RS-70462 A	Alimentarea băilor galvanice	3×380/220 3×380/220 3×380/220	12 12 12	1000 600 100	(0...1) U_n	A, V	1 750 1 000 500	$1\ 540 \times 1\ 040$ $1\ 430$ $1\ 250 \times 1\ 000$ $1\ 000$ 780×680 960

*) Ampermetru (A) sau voltmetru (V).

PARTEA A DOUA

**PROIECTAREA ȘI EXECUTAREA
INSTALAȚIILOR**

V. CONSUMATORI ȘI SARCINI

A. GENERALITĂȚI

1. **Categorii de receptoare electrice.** În conformitate cu prescripțiile E 28-62 ale M.M.E.E., pentru alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali și similari, receptoarele de energie electrică se clasifică în următoarele trei categorii:

— categoria I cuprinde receptoarele la care întreruperea alimentării cu energie electrică reprezintă un pericol pentru viața muncitorilor sau o pagubă importantă pentru economia națională, legate de deteriorarea utilajului, rebuturi importante în producție sau întreruperea de lungă durată a procesului tehnologic, de dezechilibrarea transporturilor electrificate sau de perturbarea activității unui oraș mare;

— categoria a II-a cuprinde receptoarele la care întreruperea alimentării cu energie electrică duce la nerealizarea producției (practic proporțională cu durata întreruperii și puterea absorbită);

— categoria a III-a cuprinde receptoarele care nu intră în categoriile I—II (de ex. receptoarele din atelierele auxiliare de întreținere și reparații ale consumatorilor, depozitele de materiale, industriile casnice, atelierele lucrând într-un singur schimb etc.).

2. **Condiții de alimentare a receptoarelor electrice.** Pentru fiecare categorie de receptoare există condiții de alimentare bine stabilite.

Receptoarele de categoria I trebuie să aibă cel puțin două surse de alimentare independente una de alta, fiecare cu o putere suficientă astfel încât la ieșirea din funcțiune a unei surse receptoarele să fie asigurate cu energia electrică necesară.

Două surse de alimentare se consideră independente dacă perturbarea regimului de funcționare sau avarierea uneia dintre ele

nu provoacă o întrerupere în alimentarea cu energie din cealaltă; astfel pot fi considerate drept surse independente liniile electrice, plecând din secțiuni de bare diferite, care la rîndul lor sînt alimentate de la generatoare sau centrale electrice diferite. Pentru sarcini electrice reduse se poate folosi drept o a doua sursă de alimentare, baterii de acumulatori, grupuri electrogene mobile etc.

Alimentarea receptoarelor de categoria I se va face astfel încît în caz de avariere a unei surse, alimentarea să se continue sau să fie restabilită de la a doua sursă.

În categoria I se recomandă să se considere următoarele receptoare:

- iluminatul de siguranță pentru continuarea lucrului conform Normativului C.S.C.A.S. I.7-62;
- pompele de evacuare a apelor în locuri supuse inundării;
- instalațiile pentru alimentarea cu apă de răcire a furnalelor, cuptoarelor Martin etc.;
- ventilatoarele pentru cubilouri și suflantele de la furnale;
- ventilatoarele în spații cu pericol de intoxicare sau cu formări de concentrații explozive;
- podurile rulante în halele de turnare din oțelării;
- pompele de incendiu, conform N.P.C.I.;
- instalațiile de turnare continuă;
- unele ascensoare în mine, cum și băile de electroliză, băile de aluminiu, funicularele de persoane și diverse alte instalații și utilaje la care prin lipsa alimentării cu energie se produc rebuturi, perturbări sau avarieri importante la utilaje.

Receptoarele din categoria a II-a trebuie ca, în cazul liniilor în cablu subteran și dacă nu există o sursă de curent uzinală, alimentarea să se facă prin cel puțin două cabluri, instalate ca fideri separați sau legați în paralel formînd un singur fider; secțiunea cablurilor se va lua astfel încît în cazul defectării unui cablu, întreaga sarcină să poată fi preluată de cablul sau cablurile rămase în funcțiune.

În cazul liniilor aeriene de cel puțin 6 kV se admite alimentarea printr-o singură linie.

Restabilirea alimentării cu energie pentru aceste utilaje trebuie să se facă în maximum două ore.

Receptoarele de categoria a III-a au în general o singură alimentare; întreruperea alimentării cu energie nu trebuie să dureze mai mult decît 24 ore,

3. Variații de tensiune admise. În cazul alimentării din rețeaua publică, în care se admit variații de tensiune de $\pm 5\%$ față de

tensiunea nominală a receptoarelor electrice, căderile de tensiune în instalațiile la consumator nu vor depăși, în regimul normal de lucru, următoarele valori:

- pentru iluminat, 3% (de la contor sau tabloul general pînă la oricare din lămpi);

- pentru forță, 5%.

În cazul alimentării de la posturi de transformare sau centrale proprii, căderea totală de tensiune de la tabloul general al postului pînă la oricare receptor nu va depăși valorile:

- pentru iluminat, la tensiunea nominală de 110—220 V, 8%;

- pentru forță, 10%.

Pentru lămpi la tensiuni reduse (sub 60 V) se admite o cădere de 10% din tensiunea nominală.

Pentru lămpi izolate îndepărtate se admite o cădere de tensiune pînă la 11% din tensiunea de utilizare.

În instalații de forță, căderile de tensiune suplimentare (peste valorile de mai sus) la pornirea motoarelor electrice mari nu trebuie să depășească în general 5%. La porniri rare (la intervale mai mari de o oră) se admit căderi de tensiune mai mari, cu condiția să nu se pericliteze funcționarea celorlalte receptoare și să se asigure condițiile de pornire.

4. Alimentarea de rezervă. Pentru realizarea unei alimentări de rezervă se poate folosi una dintre următoarele scheme, în funcție de gradul de siguranță urmărit:

- alimentarea unui tablou de distribuție prin două linii din două posturi de transformare prin intermediul unui comutator sau a două întrerupătoare interblocate mecanic sau electric, astfel încît să nu se poată închide unul fără ca celălalt să fie deschis (fig. 5-1, a, b).

- pentru tablouri mai importante se secționează bara tabloului printr-un separator sau întrerupător (fig. 5-1, c); comutarea de pe o linie de alimentare pe alta se poate face manual sau automat cu anclanșarea automată a rezervei (A.A.R.);

- pentru asigurarea alimentării pe două căi se folosește de asemenea și legarea în buclă, cu alimentarea de la două transformatoare diferite (fig. 5-2, a) sau din același transformator (fig. 5-2, b); bucla funcționează închisă sau întreruptă într-un punct (la un tablou de distribuție).

5. Regimuri de funcționare. Conform STAS 1893-50, regimurile de funcționare sînt următoarele:

— de lungă durată, la care receptoarele ajung la temperaturi practic stabile;

— de scurtă durată, în care perioada de funcționare este mai scurtă decît cea necesară pentru atingerea unei temperaturi prac-

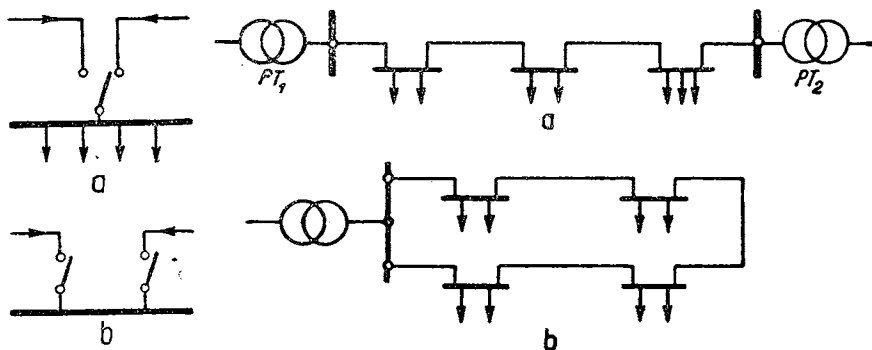


Fig. 5-2. Alimentarea în buclă a unor tablouri:
a — de la două transformatoare; b — de la un singur transformator.

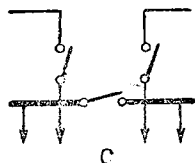


Fig. 5-1. Dubla alimentare a unui tablou:
a — cu comutator; b — cu două înterupătoare; c — idem, și cu bară secționată.

tic stabile, iar perioadele de repaus sînt lungi, astfel încît receptoarele se răcesc la temperatura mediului ambiant;

— intermitent de scurtă durată, în care perioadele de lucru alternează cu pauzele în cicluri de cel mult 10 min, de exemplu 4 min funcționare și 6 min pauză.

Raportul între durata perioadei de lucru și durata ciclului se numește *durată relativă de conectare sau de anclanșare DA*. Pentru motoare electrice, DA are conform STAS 3564-52 valorile 0,15, 0,25, 0,4 și 0,6 sau în procente: 15, 25, 40 și 60%. În exemplul dat la regimul intermitent de scurtă durată,

$$DA = \frac{4}{4 + 6} = 0,4 \text{ sau } DA = 0,4 \times 100 = 40\%.$$

6. Sarcini electrice de calcul. Pentru cele ce urmează sînt necesare unele definiții sau precizări.

Puterea instalată P_i (în kW) are următoarele semnificații:

— pentru instalațiile de iluminat este egală cu suma puterilor nominale ale lămpilor, adică $P_i = \sum P_n$;

— pentru motoarele electrice cu regim de lucru permanent este egală cu puterea nominală P_n , indicată pe tăblița mașinii (puterea dezvoltată la axul motorului), adică $P_i = P_n$;

— pentru motoarele electrice cu regim de lucru intermitent, avînd o anumită durată relativă de conectare DA , este $P_i = P_n \sqrt{DA}$, în care P_n este puterea dezvoltată la DA nominală;

— pentru cuptoarele electrice cu rezistență, alimentate direct (fără transformator propriu), este $P_i = P_n$, în care P_n este puterea nominală a cuptorului, în kW sau în kVA;

— pentru cuptoarele electrice de orice fel alimentate prin transformator propriu este $P_i = S_n \cos \varphi_n$, în care S_n este puterea transformatorului în kVA, iar $\cos \varphi_n$ — factorul de putere la sarcina nominală;

— pentru mașinile de sudat cu o anumită durată nominală de conectare DA este $P_i = S_n \sqrt{DA} \cos \varphi_n$, în care $\cos \varphi_n$ este factorul de putere al mașinii la sarcina nominală;

— pentru grupuri redresoare și pentru convertizoare rotative folosite pentru producerea curentului continuu este $P_i = UI = P_n$ (puterea nominală debitată în curent continuu);

— pentru convertizoare folosite pentru producerea de curent alternativ de diferite frecvențe este $P_i = UI \cos \varphi_n$, pentru producerea de curent monofazat; $P_i = \sqrt{3}UI \cos \varphi$, pentru producerea de curent trifazat, U și I fiind valorile nominale ale tensiunii și curentului generatorului.

Intensitatea nominală este intensitatea corespunzătoare puterii nominale la DA nominală, adică fără reducerea prin înmulțire cu $\sqrt{DA}$.

Puterea cerută sau de calcul P_c este o putere activă convențională, de valoare constantă, care produce în elementele rețelei (transformatoare, linii etc.) același efect de încălzire ca și sarcina variabilă, într-un interval de timp determinat (de ex. 30 min) în perioada de încărcare maximă.

Raportul dintre puterea cerută și puterea instalată se numește *coeficient de cerere* k_c ; acest coeficient ține seama de simultaneita-

tea funcționării mașinilor, gradul de încărcare al receptoarelor electrice și de randamentele receptoarelor și rețelei de distribuție. Coeficienții de cerere sînt determinați experimental pe baze statistice pentru diferite categorii de receptoare și cu ajutorul lor se pot calcula puterile cerute cu relația

$$P_c = k_c P_t.$$

În tabela 5-1 se dau coeficienții de cerere și factorul de putere natural pentru diferite categorii de receptoare. Valorile date în tabelă sînt pentru calculul *sarcinii globale* a unui post de transformare cu precizările date la cap. V, 5, c. Dimensionarea de transformare a coloanelor se face pe baza curenților de calcul determinați potrivit indicațiilor ce urmează.

B. DETERMINAREA CURENTULUI DE CALCUL

Pentru dimensionarea circuitelor și coloanelor de alimentare este necesar să se cunoască curentul de calcul I_c .

La receptoarele de curent alternativ relațiile de mai jos sînt date pentru alimentarea cu curent trifazat. La curent monofazat se înmulțesc valorile obținute cu $\sqrt{3}$. Pentru intensități nominale la care se admit secțiuni mai mici decît 10 mm² la cupru și 16 mm² la aluminiu, curentul de calcul se ia ca pentru $DA=100\%$ (v. și cap. VII, B, 2).

1. Circuite pentru alimentarea unui singur receptor sau a unui grup de 2—3 receptoare identice.

— Pentru motoare de curent alternativ trifazat

$$I_c = \frac{1,15 P_n \sqrt{DA}}{\sqrt{3} U \cos \varphi_n \eta_n} = \frac{1,15 P_t}{\sqrt{3} U \cos \varphi_n \eta_n},$$

în care: $\cos \varphi_n$ și η_n sînt respectiv factorul de putere și randamentul la sarcină nominală;

U este tensiunea rețelei de alimentare;

P_n — puterea nominală (la DA nominală);

DA — durata relativă de conectare nominală;

factorul $1,15 \approx \frac{1}{0,875}$ conform indicațiilor de la capitolul VII, B, 2.

Tabela 5-1. Valorile coeficienților de cerere, de consum și ale factorilor de putere medii pentru diferite categorii de consumatori electrici

Categoria consumatorilor	Coeficientul de cerere k_c	Coeficientul de consum k_w	Factorul de putere $\cos \varphi$	$\tan \varphi$	Observații
1	2	3	4	5	6
<i>Receptoare de acționări</i>					Acționarea se consideră în general cu motoare asincrone. La acționarea cu motoare sincrone se va lua: $\cos \varphi = 1$ $\tan \varphi = 0$
Alimentatoare cu plăci, cu discuri, cu tambure	0,45—0,6	0,32	0,5—0,75	1,73—0,88	
Aeroterme	0,7	0,25	0,8	0,74	
Ciururi	0,55—0,65	0,35	0,6—0,7	1,32—1,00	
Conveioare	0,5—0,6	0,22	0,5—0,7	1,73—1,00	
Concasoare cu ciocane	0,9	0,35	0,8	0,74	
Compresoare acționate cu motor asincron	0,75	0,50	0,8	0,74	
Compresoare acționate cu motor sincron	0,75	0,50	1,0	0,00	
Concasoare	0,65	0,40	0,75—0,8	0,88—0,74	
Exhaustoare	0,8	0,55	0,9	0,48	
Elevatoare lucrînd separat	0,45	0,25	0,7	1,00	
Elevatoare funcționînd electroblocat	0,6	0,45	0,75	0,88	
Foarfece de tăiere la rece	0,45	0,25	0,65	1,17	
Împingător de cocs	0,17	0,05	0,75	0,88	
Locomotive electrice	0,17	0,1	0,75	0,88	
Mori cu bile	0,8	0,45	0,87	0,56	
Mori cu ciocane	0,75	0,45	0,85	0,61	
Macarale cu graifere	0,18	0,05	0,6	1,32	*) $\cos \varphi = 0,5$ pentru motoare în scurtcircuit; pentru motoare cu rotorul bobinat se va lua $\cos \varphi = 0,65$
Macarale cu DA=25%	0,1	0,05	0,5*)	1,73	
Macarale cu DA=40%	0,15	0,08	0,5*)	1,73	
Macarale cu magnet	0,5	0,15	0,65	1,17	
Macarale turn și portal	0,18	0,10	0,5	1,73	

Tabela 5-1 (continuare)

Categoria consumatorilor	Coeficientul de cerere k_c	Coeficientul de consum k_w	Fac'orul de putere $\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Observații
1	2	3	4	5	6
Mașină de încărcat cuptoare	0,2	0,05	0,5	1,73	—
Mașină de îndreptat laminate	0,20	0,10	0,45	1,99	—
Mașini-unelte de prelucrat metale cu regim normal de funcționare (strunguri, raboteze, mașini de frezat, de mortezat, polizoare etc.):					
— producție de serie mică	0,12—0,14	0,10	0,4—0,5	2,2—1,73	—
— producție de serie mare	0,18	1,14	0,5—0,6	1,73—1,32	—
Mașini-unelte cu regim greu de lucru (strunguri automate și revolver, strunguri de cojit, prese excentrice etc.)	0,22	0,18	0,65	1,17	—
Mașini-unelte cu regim foarte greu (acționare ciocane, tamburi de curățare etc.)	0,3—0,35	0,22	0,65	1,19	—
Mașini de preparare pământuri în turnători	0,4—0,45	0,35	0,75	1,00	—
Mecanisme portabile	0,1	0,03	0,45	1,99	—
Pompe de apă cu sarcina continuă	0,75	0,55	0,80	0,74	—

Tabela 5-1 (continuare)

Categoria consumatorilor	Coeficientul de cerere k_c	Coeficientul de consum k_w	Factorul de putere $\cos \varphi$	tg φ	Observații
1	2	3	4	5	6
Pompe de apă pentru centralele hidraulice de la prese	0,45	0,18	0,6	1,33	—
Șnecuri	0,6	0,28	0,7	1,00	—
Stivuitoare	0,3	2,1	0,7	1,00	—
Schip	0,3	0,20	0,5	1,73	—
Suflante	0,8	0,55	0,8	0,74	—
Transportoare cu bandă (interblo-cate)	0,5—0,6	0,40	0,6	1,33	—
Idem, lucrînd izo-late	0,35—0,45	0,25	0,55	1,51	—
Transportoare cu role	0,25—0,35	0,15	0,6	1,33	—
Ventilatoare	0,65—0,75	0,50	0,8	0,74	—
<i>Receptoare termice și de sudură</i>					
Aparate mărunte de încălzire	0,4—0,6	0,18	1,0	0,00	—
Agregate motor-generator de sudare pentru un singur post	0,30	0,12	0,5	1,73	—
Idem, pentru mai multe posturi	0,6	0,35	0,6	1,32	—
Automate de sudare cu arc	0,4	0,35	0,6	1,32	—
Cuptoare cu rezistență cu încărcare continuă	0,85	0,60	1,0	0,00	—
Idem, cu încărcare periodică	0,6	0,35	1,0	0,00	—
Cuptoare cu băi de sare	0,65	0,4	0,8	0,74	—
Cuptoare cu arc pentru topit oțel:					
— de 0,5—1,5 t	0,65	0,4	0,8	0,74	—
— de 3—10 t	0,75	0,48	0,9	0,48	—

Tabela 5-1 (continuare)

Categoria consumatorilor	Coeficientul de cerere k_c	Coeficientul de consum k_W	Factorul de putere $\cos \varphi$	$\lg \varphi$	Observații
1	2	3	4	5	6
Cuptoare cu arc pentru metale neferoase	0,78	0,45	0,75	0,88	—
Cuptoare de inducție de frecvență joasă (fără compensarea energiei reactive)	0,75	0,45	0,35	2,67	—
Idem, cu compensarea energiei reactive	0,72	0,45	0,95	0,32	—
Cuptoare rundotermice (cu funcționare continuă) cu transformatoare trifazate de 6—9 MVA	0,95	0,50	0,9	0,48	—
Dulapuri (etuve) de uscare	0,7	0,45	1,00	0,00	—
Mașini de sudare continuă (cusătură)	0,65	0,2	0,7	1,0	—
Idem, de sudat cap la cap și prin puncte	0,55	0,15	0,6	1,32	—
Transformatoare de sudare cu arc	0,35	0,09	0,35	2,28	—
<i>Diverse instalații de forță</i>					
Convertizoare de frecvență	0,4—0,6	0,28	0,7—0,6	1,00—1,33	—
Electrofiltre	0,55	0,35	0,85	0,62	—
Grupuri motor generator	0,65	0,30	0,8	0,75	—
Separatoare magnetice	0,5	0,25	0,7—0,8	1,00—0,75	—
Redresoare pentru instalații de aco-periri metalice	0,5	0,3	0,7	1,00	—

Tabela 5-1 (continuare)

Categoria consumatorilor	Coeficientul de cerere k_c	Coeficientul de consum k_W	Factorul de putere $\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Observații
1	2	3	4	5	6
<i>Instalații de iluminat</i>					
Pentru clădiri mici pînă la 200 m ²	1,00	0,8	0,9	se consideră: 0,48	
Hale industriale cu mai multe deschideri fără separații	0,95	0,9			pentru iluminat fluorescent
Hale industriale cu ateliere și încăperi separate	0,85	0,8			și
Clădiri sociale și administrative, școli, laboratoare	0,9	0,9	1,00	0,00	pentru iluminat incandescent
Magazii	0,6	0,4			
Posturi trafo	0,6	0,2			
Centrale și stații energetice	0,9	0,9			
Iluminat exterior	0,9	0,6			

— Pentru motoare de curent continuu

$$I_c = \frac{1,15 P_n \sqrt{DA}}{U \eta_n} = \frac{1,15 P_i}{U \eta_n} ;$$

— Pentru cuptoare cu rezistență alimentate direct

$$I_c = \frac{P_n}{\sqrt{3} U} = \frac{P_i}{\sqrt{3} U} ;$$

— Pentru cuptoare electrice cu rezistență, trifazate, alimentate prin transformatoare proprii

$$I_c = \frac{S_n}{\sqrt{3} U \cdot \eta_T} ,$$

în care: S_n este puterea nominală a transformatorului cuptorului;
 η_T — randamentul transformatorului cuptorului la sarcina nominală.

— Pentru mașini de sudat și transformatoare de sudură •

$$I_c = \frac{1,15 S_n \sqrt{DA}}{\sqrt{3} U \eta_T}.$$

— Pentru grupuri redresoare și convertizoare de curent continuu

$$I_c = \frac{U_{c \cdot c} I_{c \cdot c}}{\sqrt{3} U \cos \varphi_n \eta_n},$$

în care: $U_{c \cdot c}$ și $I_{c \cdot c}$ sînt valorile nominale, respectiv a tensiunii și a intensității curentului continuu debitat;

U este tensiunea alternativă între faze;

$\cos \varphi_n$ și η_n sînt respectiv factorul de putere și randamentul nominal al grupului.

— Pentru grupuri convertizoare rotative de curent alternativ de diferite frecvențe:

$$\text{la generatoare monofazate, } I_c = \frac{U_s I_s}{\sqrt{3} U \eta_n},$$

$$\text{la generatoare trifazate, } I_c = \frac{U_s I_s}{U \eta_n},$$

în care: U_s și I_s sînt valorile nominale, respectiv a tensiunii și a curentului alternativ debitat;

U este valoarea nominală a tensiunii motorului respectiv;

η_n — randamentul global nominal al grupului.

— Pentru instalațiile de iluminat

$$I_c = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \cos \varphi}.$$

2. Coloane pentru alimentarea tablourilor de distribuție.

a. *Metoda coeficienților de cerere k_c .* Valoarea curentului de calcul este

$$I_c = \frac{P_i \left(k_c + \frac{1 - k_c}{k_a} \right)}{\sqrt{3} U \cos \varphi},$$

în care k_a are valori cuprinse între 1,7 și 10 în raport cu numărul total n_t de receptoare (motoare) instalate, conform tabelului 5-2.

Pentru receptoare de puteri diferite se va lua $n_t=2n_{0,5}$, notîndu-se cu $n_{0,5}$ numărul motoarelor cele mai mari a căror putere însumată este egală cu jumătate din puterea tuturor receptoarelor.

Tabela 5-2. Valorile coeficientului k_a în funcție de numărul total de receptoare n_t

n_t	k_a	n_t	k_a
4	1,7	20	5,5
5	2,0	25	6,7
6	2,5	30	8,0
8	2,9	35	9,1
10	3,3	40	9,5
12	3,7	50	10
15	4,3	—	—

Pentru macarale se va considera $k_a=1,25$, curentul mediu pătratic pentru calculul liniilor de contact și al fiderului respectiv fiind dat de relația

$$I_c = \frac{P_n \sqrt{DA} \left(k_c + \frac{1-k_c}{1,25} \right)}{\sqrt{3} U \cos \varphi}$$

Pentru celelalte categorii de receptoare cu regim intermitent, valoarea obținută cu relația de mai sus se înmulțește cu 1,15, după cum s-a arătat și mai înainte.

Calculul se face separat pentru fiecare grup de mașini cu același coeficient de cerere și apoi se adună curenții obținuți.

Se neglijează diferențele de fază între curenții corespunzători la diferite categorii de receptoare. Pentru mai mult decît trei categorii de receptoare se aplică la total un coeficient de reducere de 0,92—0,95.

Exemplul 5-1. Să se afle curentul de calcul pentru un tablou de distribuție care alimentează patru aeroterme și opt mașini-unelte la tensiunea de 380 V

— pentru patru aeroterme de 1,7 kW (total 6,8 kW) cu $k_c=0,7$, $\cos \varphi=0,8$ și $k_a=1,7$.

$$I_1 = \frac{(4 \times 1700) \left(0,7 + \frac{1-0,7}{1,7} \right)}{1,73 \times 380 \times 0,8} = 11,3 \text{ A};$$

— pentru opt mașini-unelte cu regim de lucru normal ($k_c=0,14$), cu motoare de puterile: 7,7; 4,5; 4,5; 1,7; 1,7; 1,7; 1,7 kW (total 29,8 kW), cu $\cos \varphi=0,5$; $n_{0,5}$ este cuprins între 2 și 3; $n_t=2n_{0,5} \approx 5$; $k_a=2$ (din tabela 5-2):

$$I_2 = \frac{29,8 \left(0,14 + \frac{1-0,14}{2,0} \right) \times 10^3}{1,73 \times 380 \times 0,5} = 50 \text{ A};$$

$$I_c = I_1 + I_2 = 11,3 + 50 = 61,3 \text{ A}.$$

Exemplul 5-2. Un pod rulant are trei motoare cu $DA=0,25$ și $P_n=45$ kW; din tabelă se obține:

$$k_c=0,1; \quad \cos \varphi=0,5$$

$$P_i=P_n \sqrt{DA}=45 \sqrt{0,25}=22,5 \text{ kW.}$$

Rezultă:

$$I_c = \frac{22,5 \left(0,1 + \frac{1-0,1}{1,25} \right)}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,5} = 56 \text{ A.}$$

b. Metoda coeficienților curentului de calcul. Pentru tensiunea de 380 V, curentul de calcul al fiderilor ce alimentează tablouri de distribuție sau grupuri de receptoare trifazate se poate determina cu relațiile din tabela 5-3, pe baza puterilor nominale ale receptoarelor.

Exemplul 5-3. În cazul motoarelor electrice ale mașinilor unelte din atelierele de prelucrare la rece cu producție de serie mare:

$$I_c=1,85 P_5+0,49 P_{n-5}$$

Pentru 14 receptoare cu puterile 13; 10; 10; 7,5; 5,5; 4; 4; 3; 3; 1,5; 1,5; 1,5; 1,5; 1,1:

$$P_5=13+10+10+7,5+5,5=46 \text{ kW;}$$

$$P_{n-5}=21,1 \text{ kW; } P_t=46+21,1=67,1 \text{ kW;}$$

$$I_c=1,85 \times 46 + 0,49 \times 21,1 = 95,3 \text{ A.}$$

Dacă se calculează cu metoda coeficienților de cerere cu $k_c=0,18$, $\cos \varphi=0,55$, $n_{0,5}=6$, și $k_a=2,5$ (din tabela 5-2),

$$I_c = \frac{(46 + 21,1) \left(0,18 + \frac{1-0,18}{2,50} \right)}{1,73 \times 380 \times 0,55} = 94 \text{ A.}$$

c. Metoda de determinare a curentului de calcul pentru liniile de contact importante. Pentru un cal-

Tabela 5-3. Relațiile pentru determinarea curentului de calcul al fiderilor ce alimentează tablouri de distribuție sau grupuri de receptoare trifazate

Categoria receptoarelor	Relația pentru determinarea curentului de calcul, în A
— Motoare electrice cu funcționare continuă, bine încărcate (pompe, ventilaatoare, aeroterme etc.)	$I_c = (1,6 \dots 1,8) P_n$
— Motoare electrice ale mașinilor-unelte cu regim de lucru normal (ușor)	$I_c = 1,6P_4 + 0,67P_{n-4}$
— Idem, cu regim de lucru greu	$I_c = 1,6P_4 + 0,82P_{n-4}$
— Idem, foarte greu	$I_c = 1,6P_4 + 1,05P_{n-4}$
— Motoarele electrice ale macaralelor (motoare cu rotor bobinat cu $\cos \varphi = 0,65$)	
DA=15%	$I_c = 1,14P_1 + 0,46P_{n-1}$
DA=25%	$I_c = 1,32P_1 + 0,6P_{n-1}$
DA=40%	$I_c = 1,32P_1 + 0,74P_{n-1}$
Pentru motoare cu rotorul în scurtcircuit, $\cos \varphi = 0,5$, astfel că în acest caz pentru I_c se adaugă 30% peste valorile de mai sus.	
— Cuptoare cu rezistență (trifazate)	$I_c = (1,05 \dots 1,35) P_i$
— Transformatoare de sudare DA=15%	$I_c = 1,3P_3 + P_{n-3}$
— Mașini de sudat prin puncte cap la cap și altele asemănătoare:	
DA=12,5%	$I_c = 2,6P_1 + 0,83P_{n-1}$
DA=25 ... 40%	$I_c = 2,6P_1 + 1,46P_{n-1}$
DA=70%	$I_c = 2,6P_1 + 1,95P_{n-1}$
— Motoare electrice ale instalațiilor de prepararea pământurilor în turnătorie	$I_c = 1,6P_1 + 1,05P_{n-1}$
— Motoare electrice ale mașinilor și uneltelor portative sau manuale	$I_c = 1,5P_4 + 0,42P_{n-4}$
— Motoare electrice pentru acționarea mașinilor-unelte în ateliere cu producție de serie mare:	
— pentru prelucrare la cald	$I_c = 1,85P_5 + 0,64P_{n-5}$
— pentru prelucrare la rece	$I_c = 1,85P_5 + 0,49P_{n-5}$
— Motoare electrice pentru acționare în atelierele cu producție industrială și de serie mică	$I_c = 0,9 (1,85P_5 + 0,49P_{n-5})$

Observații:

P_1, P_4, P_5 reprezintă sumele puterilor nominale ale unui receptor, respectiv a patru și cinci receptoare de puterile cele mai mari, în kW pentru motoare, în kVA pentru transformatoare și cuptoare;

$P_{n-1}, P_{n-4}, P_{n-5}$ reprezintă sumele puterilor nominale ale celorlalte receptoare din aceeași grupă, în kW sau în kVA;

P_n reprezintă suma puterilor tuturor receptoarelor; valorile sînt în kW sau kVA.

cul mai exact al liniilor de contact importante se aplică metoda de calcul din STAS 6773-63; astfel, curentul de calcul (sau curentul mediu pătratic I_{mp}) este dat de relația

$$I_c = I_{mp} = K_u \sum I_n,$$

în care: K_u este un coeficient de utilizare a curentului total;
 $\sum I_n$ — suma curenților nominali ai tuturor motoarelor.

Valoarea coeficientului K_u se ia din tabela 5-4, în funcție de durata relativă medie de anclanșare DA_m și de numărul efectiv de motoare n_{ef} , determinate cu relațiile următoare:

$$DA_m = DA_1 \frac{\sum I_{n1}}{\sum I_n} + DA_2 \frac{\sum I_{n2}}{\sum I_n} + DA_3 \frac{\sum I_{n3}}{\sum I_n},$$

$$n_{ef} = \frac{DA_m (1 - DA_m) (\sum I_n)^2}{DA_1 (1 - DA_1) \sum I_{n1}^2 + DA_2 (1 - DA_2) \sum I_{n2}^2 + DA_3 (1 - DA_3) \sum I_{n3}^2},$$

în care: DA_1, DA_2, DA_3 sînt duratele relative de anclanșare ale motoarelor utilizate la podurile rulante;

$\sum I_{n1}, \sum I_{n2}$ etc. — sumele curenților nominali ai motoarelor cu duratele relative de anclanșare respective DA_1, DA_2 etc.;

Tabela 5-4. Valorile lui K_u în funcție de DA_m și n_{ef}

DA_m	Valoarea lui K_u pentru n_{ef} cu valorile:										
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0,15	0,49	0,37	0,26	0,215	0,185	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175
0,20	0,54	0,425	0,32	0,265	0,23	0,20	0,200	0,200	0,20	0,200	0,20
0,25	0,60	0,48	0,365	0,315	0,27	0,25	0,230	0,225	0,225	0,22	0,225
0,30	0,65	0,53	0,415	0,35	0,315	0,29	0,275	0,275	0,275	1,275	0,275
0,35	0,70	0,58	0,46	0,40	0,36	0,33	0,32	0,320	0,320	0,320	0,320
0,40	0,75	0,625	0,50	0,435	0,40	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
0,50	0,79	0,66	0,53	0,47	0,425	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
0,60	0,825	0,70	0,56	0,49	0,45	0,425	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42

$\Sigma_1 I_{n1}^2$ etc. sînt sumele pătratelor curenților nominali ai motoarelor cu duratele relative de anclanșare DA_1, DA_2 etc.;

$(\Sigma I_n)^2$ este suma curenților nominali ai tuturor motoarelor, ridicată la pătrat.

Cînd durata relativă de anclanșare este aceeași pentru toate motoarele,

$$n_{ef} = \frac{\Sigma I_n^2}{(\Sigma I_n)^2}.$$

Exemplul 5-4. O linie de contact alimentează două poduri rulante, avînd în total șase motoare, din care:

— cu $DA_1=0,25$, trei motoare cu puterile 3, 11 și 16 kW și curenții nominali I_n respectiv de 8, 24 și 34 A;

— cu $DA_2=0,40$, trei motoare cu puterile 7,5, 22 și 30 kW și curenții nominali I_n respectiv de 16, 44 și 62 A.

$$\Sigma_1 I_n = 8 + 24 + 34 = 66; \Sigma_2 I_n = 16 + 44 + 62 = 122 \text{ A}; \Sigma I_n = 66 + 122 = 188 \text{ A}$$

$$(\Sigma_1 I_n^2)_{0,25} = 8^2 + 24^2 + 34^2 = 64 + 474 + 1156 = 1694$$

$$(\Sigma_2 I_n^2)_{0,4} = 16^2 + 44^2 + 62^2 = 256 + 1936 + 3844 = 6032$$

$$(\Sigma I_n)^2 = 7726$$

$$DA_m = 0,25 \frac{65}{187} + 0,4 \frac{122}{187} = 0,348 \approx 0,35$$

$$n_{ef} = \frac{0,35 (1 - 0,35) \times 7726}{0,25 (1 - 0,25) 1694 + 0,4 (1 - 0,4) 6032} = 1,22; K_u \approx 0,67$$

$$I_{mp} = K_u \Sigma I_n = 0,67 \times 187 = 119 \text{ A.}$$

Aplicînd metoda coeficientului de cerere cu relația

$$I_c = \frac{P_n \sqrt{DA} \left(k_c + \frac{1 - k_c}{1,25} \right)}{\sqrt{3} U \cos \varphi}$$

se află

$$I_{c0,25} = \frac{30 \sqrt{0,25} \left(0,1 + \frac{1 - 0,1}{1,25} \right)}{660 \times 0,5} = \frac{15 (0,1 + 0,72)}{330} = 37 \text{ A}$$

$$I_{c0,4} = \frac{60 \sqrt{0,4} \left(0,15 + \frac{1 - 0,15}{1,25} \right)}{660 \times 0,5} = \frac{60 \times 0,63 (0,15 + 0,68)}{330} = 95$$

$$I_c = 37 + 95 = 132 \text{ A.}$$

C. DETERMINAREA PIERDERILOR DE PUTERE ÎN REȚELE ȘI ÎN TRANSFORMATORE

Pierderile de putere se determină cu relațiile ce urmează, în care se folosesc următoarele notații:

ΔP — pierderile de putere activă, în kW;

ΔQ — pierderile de putere reactivă, în kvar;

I — curentul corespunzător puterii cerute, în A;

R — rezistența unui conductor de fază, în Ω ;

X — reactanța unui conductor de fază, în Ω ;

β — gradul de încărcare (raportul între curenții reali și curenții nominali) la transformatoare, bobine de reac-tanță etc.

1. Pierderile de putere activă. Acestea sînt:

— pentru linii electrice (linii aeriene, cabluri etc.),

$$\Delta P_l = 3RI^2 \text{ [W];}$$

— pentru bobine de reactanță,

$$\Delta P_r = 3\Delta P_{nf}\beta^2 \text{ [W];}$$

ΔP_{nf} = pierderile la curent nominal, pe o fază (indicate de către fabrica furnizoare);

— pentru transformatoare,

$$\Delta P_{tr} = \Delta p_{Fe} + \beta^2 \Delta p_{Cu} \text{ [kW],}$$

Δp_{Fe} fiind pierderile în fier, în kW, iar Δp_{Cu} — pierderile în înfășurări, în kW, la sarcină nominală (indicate de fabrica furnizoare).

2. Pierderile de putere reactivă inductivă. Acestea sînt:

— în linii (aerene, cabluri etc.),

$$\Delta Q_l = 3XI^2 10^{-3} \text{ [kvar]},$$

X fiind reactanța inductivă a unui conductor de fază, în Ω , iar I — curentul, în A;

— în bobine de reactanță,

$$\Delta Q_r = 3\Delta Q_{rf} \beta^2 \text{ [kvar]},$$

$\Delta Q_{rf} = x_{[\%]} \frac{UI}{\sqrt{3}} 10^{-5}$ fiind pierderea de putere reactivă la regim nominal pe o fază, în kvar, iar U și I — respectiv tensiunea, în V, și curentul nominal, în A, al bobinelor de reactanță;

— în transformatoare,

$$\Delta Q_{tr} \approx S_n \frac{I_0 [\%]}{100} + \beta^2 S_n \frac{u_{sc} [\%]}{100} = S_n \frac{I_0 [\%] + \beta^2 u_{sc} [\%]}{100} \text{ [kvar]},$$

S_n fiind puterea nominală a transformatorului în kVA, $I_0 [\%]$ = curentul de mers în gol în procente (se poate lua $\sim 6^0/0$), iar u_{sc} — tensiunea de scurtcircuit în procente (se ia $6^0/0$).

Pentru o determinare aproximativă a pierderilor în transformatoare se poate considera că pierderea de putere activă este egală cu $2^0/0$ din puterea aparentă la bornele înfășurării secundare, iar pierderea de putere reactivă — cu $10^0/0$ din aceeași putere.

3. Pierderile de putere reactivă capacitativă în cabluri și linii aerene. Aceste pierderi se calculează cu relația

$$Q_{lc} = \sqrt{3} I_c U_n 10^{-3} \text{ [kvar]},$$

I_c fiind curentul capacitiv absorbit de cablu, în A, iar U_n — tensiunea nominală a rețelei între faze, în V.

Valoarea I_c se obține din relația

$$I_c = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \omega C_e l 10^{-6} \quad [\text{A}],$$

în care: $\omega = 2\pi f$ este pulsația curentului pentru $f = 50$ Hz, $\omega = 314$;
 l — lungimea, în km;
 C_e — capacitatea de exploatare a cablului, în $\mu\text{F/km}$,
 avînd valorile următoare pentru cabluri tri-
 filare de 1 kV:

Secțiunea în mm^2	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
C_e , $\mu\text{F/km}$	0,35	0,4	0,5	0,53	0,63	0,72	0,77	0,81	0,86	0,86

Durata de utilizare anuală a puterii maxime este dată de relația

$$T_{p \max} = \frac{W_a}{P_c} \quad [\text{h}],$$

în care W_a este consumul anual de energie activă, în kWh;
 P_c — puterea cerută, în kW.

D. DETERMINAREA PUTERILOR CERUTE PENTRU DIMENSIONAREA POSTURILOR DE TRANSFORMARE

Calculul se face astfel:

— se determină puterea instalată a receptoarelor electrice grupate pe categorii; pentru fiecare categorie se află puterea activă cerută, aplicîndu-se relația $P_c = k_c P_t$; coeficientul de cerere se ia din tabela 5-1;

— se determină puterea reactivă cerută a fiecărei categorii de receptoare cu relația $Q_c = P_c \tan \varphi$, $\tan \varphi$ corespunzînd la $\cos \varphi$ indicat pentru categoria respectivă în tabela 5-1.

Se adună apoi puterile active și reactive cerute pentru receptoarele de forță și de iluminat și se determină puterea aparentă totală absorbită de receptoare cu relația $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$, care pentru $S \leq 400$ kVA se consideră că reprezintă sarcina transformatorului. Pentru S cuprins între 400 și 1 000 kVA, la totalurile obținute se aplică coeficienții de reducere k_{sa} și k_{sr} pentru nesimultaneitatea sarcinilor, astfel:

- pentru puterea activă, $k_{sa} = 0,9$;
- pentru puterea reactivă, $k_{sr} = 0,95$.

În cazul cînd sarcina nu poate fi preluată de un singur transformator de 1 000 kVA ($S_{\text{rezultat}} > 900 \dots 950$ kVA), se vor grupa receptoarele pe două sau mai multe transformatoare de 630 (sau 1 000 kVA) și la fiecare transformator se vor aplica coeficienții de mai sus.

Pentru determinarea puterii cerute din rețeaua de înaltă tensiune, la totalul rezultat după reducere se adaugă pierderile active și reactive în transformatoare.

Pentru determinarea puterii maxime cerute de o hală mare sau de o întreprindere, cînd alimentarea se face prin mai multe transformatoare, se adună puterile cerute active și reactive pe fiecare transformator calculate cu reducere, ca mai înainte, și la totalurile obținute se aplică un al doilea coeficient de simultaneitate, astfel:

$$\begin{aligned} \text{— pentru puterea activă} & \left\{ \begin{array}{l} k_{ga} = 0,80 \dots 0,90 \text{ pentru } 2\text{—}3 \text{ trans-} \\ \text{formatoare;} \\ k_{ga} = 0,70 \dots 0,85 \text{ pentru mai mult} \\ \text{decît trei transformatoare;} \end{array} \right. \\ \text{— pentru puterea reactivă} & \left\{ \begin{array}{l} k_{gr} = 0,90 \dots 0,95 \text{ pentru } 2\text{—}3 \text{ trans-} \\ \text{formatoare;} \\ k_{gr} = 0,85 \dots 0,90 \text{ pentru mai multe} \\ \text{transformatoare.} \end{array} \right. \end{aligned}$$

Coeficienții mai mari se aplică în industriile cu utilajele funcționînd în mare parte în sarcină continuă (de exemplu: industria metalurgică, industria chimică etc.).

În tabela 5-5 se dă un exemplu de determinare a puterii unui transformator pentru o hală industrială cu receptoare de forță și cu iluminat fluorescent.

E. DETERMINAREA CONSUMULUI ANUAL DE ENERGIE

Pentru calculul consumului anual de energie activă W_a , pentru fiecare categorie de receptoare se folosește relația

$$W_a = P_i k_w T_a,$$

Tabela 5-5. Exemplu de determinare a puterii unui transformator pentru o hală industrială

Secția (atelierul) și felul sarcinilor	Puterea nominală P_n (S_n) kW (kVA)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		$\cos \varphi$	DA %	P_i kW	k_c	$P_{\Sigma} = P_i \cdot k_c$ kW	$\tan \varphi$	$Q_{\Sigma} = P_{\Sigma} \cdot \tan \varphi$ kvar	k_w	T h/an	W_a MWh an	W_r Mvarh an
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hala A												
— Mașini-unelte cu regim de lucru greu	150	0,65	100	150	0,25	37,50	1,19	44,7	0,18	6 640	179	—
— Cuptoare cu re- zistență cu in- cercare periodică	320	1,00	100	320	0,7	224	0,00	0,0	0,35	6 640	740	—
— Transformatoare de sudură mari	63	0,35	60	17,1	0,35	6	2,65	15,85	0,09	6 640	10,4	—
— Ventilatoare	180	0,8	100	180	0,7	126	0,74	86,5	0,50	6 640	597	—
— Poduri rulante cu DA = 25 %	80	0,5	25	40	0,1	4	1,73	6,9	0,05	6 640	133	—
— Iluminat	30	0,9	100	30	0,95	28,50	0,32	9,1	0,9	4 600	134	—
TOTAL I	793	—	—	707,1	—	425,00	—	163,05	—	—	1 783,4	743
Se aplică coeficien- tul de simultanei- tate				$S = \sqrt{425^2 + 163,05^2} = 455$ kVA								
$k_{sa} = 0,9$	—	—	—	—	—	382	—	—	—	—	—	—
$k_{gr} = 0,95$	—	—	—	—	—	—	—	155,0	—	—	—	—
TOTAL II	—	—	—	—	—	382	—	155	—	—	—	—

Tabela 5-5 (continuare)

Secția (atelierele) și felul utilajelor	Puterea nominală P_n (kW (kVA)	$\cos \varphi$	DA %	P_l kW	k_c	$P = P_l \cdot k_c$ kW	$\operatorname{tg} \varphi$	$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi$ kvar	k_{ω}	T ha/an	W_a MWh an	W_r Mvarh an
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Puterea aparentă $S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} =$ $= \sqrt{382^2 + 155^2} =$ $= 412 \text{ kVA}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Se va putea folosi un transformator de 630 kVA Puterea absorbită de transformator la $S = 412 \text{ kVA}$	—	—	—	—	—	382	—	155	—	—	1 783,4	743
	—	—	—	—	—	7,3	—	46	—	—	34,3	210
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1817,7	953
Putere cerută pe înaltă tensiune	—	—	—	—	—	389,3	—	201,0	—	—	—	—

Cos φ natural al
puterii cerute:
pentru

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_c}{P_c} = \frac{201}{389,3} = 0,515; \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1+0,515^2}} = 0,89$$

în care k_w este un coeficient de consum (v. tabela 5-1);

T_a — timpul anual de funcționare, în h, care are valorile din tabela 5-6.

În exemplul prezentat în tabela 5-5 s-a calculat și consumul de energie electrică pentru receptoarele din hala industrială.

Tabela 5-6. Timpul anual de funcționare a instalațiilor electrice

Numărul de schimburi	Numărul de ore pe an (h/an)			Observații
	Receptoare de forță	Iluminat :		
		Interior	Exterior	
1	2 350	650	—	—
2	4 630	2 300	1 950*)	*) Funcționează pînă la ora 24
3	6 640	4 600	3 500*)	*) Funcționează toată noaptea

Pentru consumul de energie activă al transformatoarelor W_{atr} se iau în considerare pierderile active la puterea cerută (ΔP_{ctr}), care se înmulțesc cu durata de utilizare a puterii maxime T_{pmax} , a cărei valoare este $T_{pmax} = \frac{W_a}{P_c}$; astfel,

$$W_{atr} = \Delta p_{ctr} \times T_{pmax} = \Delta p_{ctr} \times \frac{W_a}{P_c} = (\beta^2 p_{Cu} + p_{Fe}) T_{pmax};$$

valorile pentru p_{Cu} și p_{Fe} se iau din tabela 4-10.

Calculul aproximativ al energiei reactive consumate anual de receptoare se poate face cu relația

$$W_r = W_a \frac{Q_c}{P_c};$$

la aceasta se adaugă energia reactivă consumată de transformatoare, care se poate determina acoperitor cu relația

$$W_{rtr} = \frac{S_{tr}}{100} (I_{0[\%]} T_{tr} + \beta^2 u_{sc[\%]} T_{pmax}).$$

în care T_{tr} este durată anuală totală de conectare a transformatoarelor, în h/an; se ia $T_{tr}=1,3 T_a$;

S_{tr} — puterea nominală a transformatorului.

În cazul exemplului dat în tabela 5-5, pentru lucrul în trei schimburi.

$$P_{c\ tr}=7,3 \text{ kW}; T_{p\ max}=\frac{1\ 783 \cdot 10^3}{382} \approx 4\ 700 \text{ h};$$

$$W_{a\ tr}=P_{c\ tr} \times T_{p\ max}=7,3 \times 4\ 700 \approx 34,3 \text{ MWh};$$

$$W_{a\ total}=1\ 783+34,3=1\ 817,3 \text{ kWh.}$$

Energia reactivă consumată de receptoare este

$$W_{r_1}=1\ 817,3 \times \frac{155}{382}=679 \text{ Mvarh.}$$

Energia reactivă consumată de transformator este

$$W_{rtr}=\frac{630}{100} \left[2,4 \times 1,3 \times 6640 + \left(\frac{412}{630} \right)^2 \cdot 6 \cdot 4700 \right] =$$

$$=207\ 000 \text{ kvarh}=207 \text{ Mvarh}$$

$$W_{r\ total}=743+207=950 \text{ Mvarh.}$$

Factorul de putere al puterii cerute este

$$\cos \varphi_c = \frac{P_c}{\sqrt{P_c^2 + Q_c^2}} = \frac{389,3}{\sqrt{389,3^2 + 201^2}} \approx 0,89$$

Factorul de putere mediu (ponderat) este

$$\cos \varphi_m = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}} = \frac{1\ 817,3}{\sqrt{1817,3^2 + 950^2}} = 0,88.$$

VI. DISTRIBUȚIA ENERGIEI ELECTRICE

A. GENERALITĂȚI

Energia electrică este produsă sub formă de curent alternativ trifazat la frecvența de 50 Hz¹ de către generatoare sincrone (alter-

¹ În unele țări se folosește și frecvența de 60 Hz.

natoare) grupate în centrale electrice și acționate prin turbine cu abur sau cu gaz, turbine hidraulice sau motoare Diesel.

De la centralele electrice energia este distribuită la consumatori prin intermediul rețelelor electrice care cuprind linii electrice aeriene sau în cablu și stații și posturi de transformare, care transformă tensiunea la valori potrivite pentru transport și utilizare.

Instalațiile electrice ale consumatorilor se împart în două grupe mari:

- instalații de forță care alimentează: motoare electrice pentru acționări de utilaje, cuptoare electrice de diferite tipuri, agregate și transformatoare de sudură, agregate de încălzire prin inducție, instalații de electroliză și acoperiri metalice etc.;

- instalații de iluminat electric.

În raport cu tensiunea la care sînt alimentate receptoarele electrice se deosebesc:

- instalații cu tensiunea pînă la 1 000 V;

- instalații cu tensiunea peste 1 000 V.

Instalațiile cu tensiunea de cel mult 250 V față de pămînt se mai numesc instalații de joasă tensiune (cazul rețelelor de 110, 220, 380/220 V). Restul instalațiilor cu tensiuni de peste 250 V față de pămînt sînt considerate instalații de înaltă tensiune; se obișnuiește totuși, în vorbirea curentă, ca și instalațiile trifazate fără nul cu tensiunea de 380 și 500 V între faze să fie considerate drept instalații de joasă tensiune.

Instalațiile de distribuție a energiei electrice la consumatori sînt de obicei instalații de curent alternativ. Curentul continuu produs prin redresoare sau grupuri convertizoare rotative, este folosit numai în instalații locale, pentru acționări cu variații mari de viteză, pentru electroliză și galvanizare (acoperiri metalice) etc.

B. SISTEME DE DISTRIBUȚIE A ENERGIEI ELECTRICE LA JOASĂ TENSIUNE

În curent continuu se folosește în mod obișnuit distribuția electrică cu două conductoare (fig. 6-1, a). La unele instalații s-a folosit și distribuția cu trei conductoare, cu două grupuri generatoare de 220 V în serie și cu două dintre conductoare legate la polii extremi, iar al treilea legat la polul intermediar (fig. 6-1, b).

În curent alternativ trifazat se folosesc următoarele două sisteme de distribuție:

— cu trei conductoare de fază, în care caz sursa de curent are conexiunea în triunghi sau în stea, cu punctul neutru izolat (de exemplu: rețelele de 110, 220, 380 și 500 V între faze, cu neutrul izolat, ca în fig. 6-2);

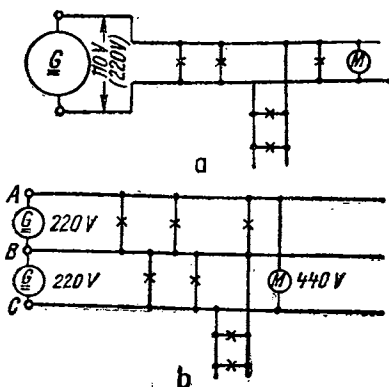
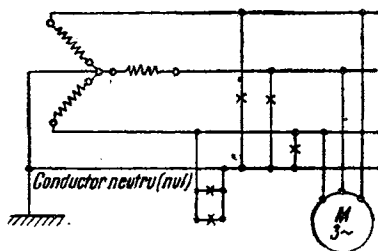


Fig. 6-1. Distribuție în curent continuu:

a — cu două conductoare; b — cu trei conductoare.



— cu patru conductoare (trei conductoare de fază și un conductor neutru), la care sursa de curent are înfășurarea în stea cu punctul neutru legat la al patrulea conductor (nulul) și la pământ (fig. 6-3); în această categorie intră rețelele cu tensiuni de 380/220, 220/127 și 208/120 V.

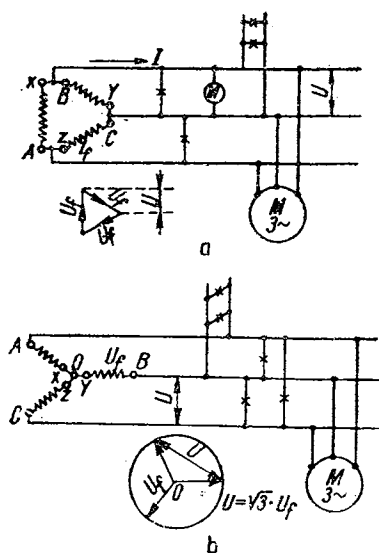


Fig. 6-2. Distribuție trifazată cu trei conductoare:

a — în triunghi; b — în stea, cu neutrul izolat.

Fig. 6-3. Distribuție trifazată cu patru conductoare.

C. ORGANIZAREA REȚELOR DE DISTRIBUȚIE DE JOASĂ TENSIUNE

Alimentarea instalațiilor de joasă tensiune se poate face astfel:

- direct din generatoare de joasă tensiune (cazul instalațiilor mici, izolate);
- din posturi de transformare ale rețelei publice sau instalate la consumator; aceste posturi, pe lângă celulele de înaltă tensiune

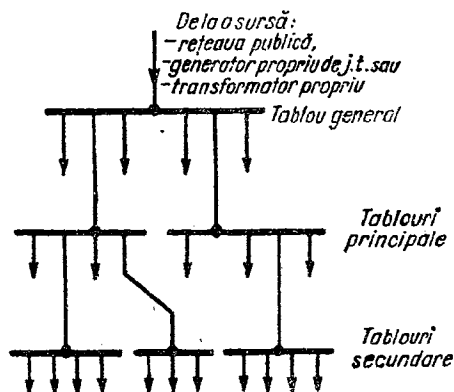


Fig. 6-4. Rețea de distribuție radială.

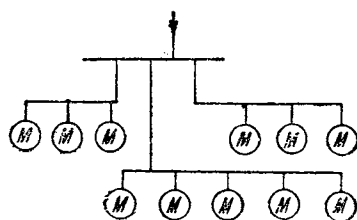


Fig. 6-5. Rețea cu magistrale.

și transformatoare, cuprind un tablou general de distribuție, din care pleacă fiderii (coloanele de alimentare) la tablourile de distribuție principale ale instalațiilor de forță și de iluminat.

În ceea ce privește organizarea distribuției, în practică se folosesc următoarele scheme:

- de distribuție radială (fig. 6-4), cu alimentarea tablourilor în cascadă;
- de distribuție magistrală, cu receptoarele alimentate în lanț (fig. 6-5);
- de distribuție mixtă (fig. 6-6), cu alimentarea tablourilor de distribuție în derivație (prin magistrală).

În fig. 6-7 se dă schema unei distribuții bloc transformator-magistrală, iar în fig. 6-8 o schemă pentru alimentarea unei hale

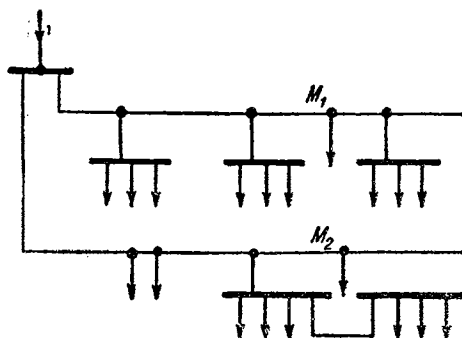


Fig. 6-6. Rețea de distribuție mixtă.

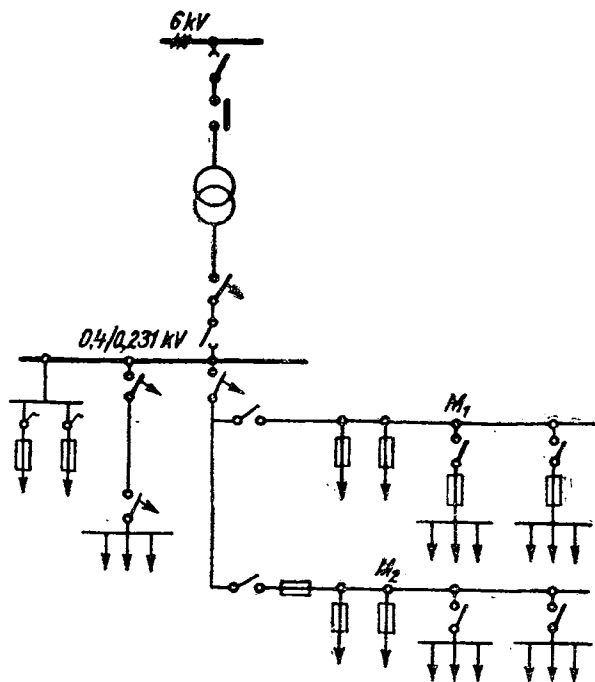


Fig. 6-7. Distribuție cu transformator bloc și magistrale.

industriale prin două transformatoare T_1 și T_2 alimentate în buclă, fiecare transformator alimentând o magistrală M_1 și M_2 sau un tablou general de distribuție.

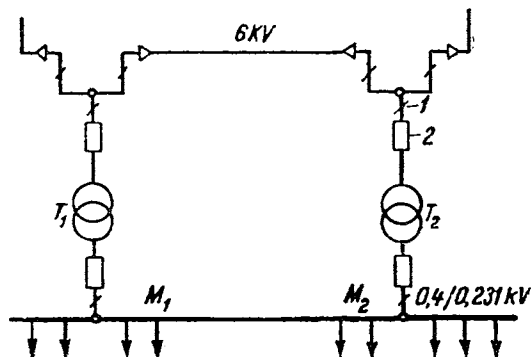


Fig. 6-8. Schema de alimentare a unei hale prin două transformatoare și două magistrale:

1 — separator; 2 — întrerupător automat.

În cazul unei hale industriale mari, pentru reducerea pierderilor de energie electrică și micșorarea consumului de materiale conductoare de curent, este indicată instalarea posturilor de transformare în interiorul halelor, iar distribuția energiei electrice să se facă prin coloane magistrale, ca în fig. 6-9.

De la barele magistrale, alimentarea receptoarelor de forță se poate face fie prin intermediul unor tablouri de distribuție, de

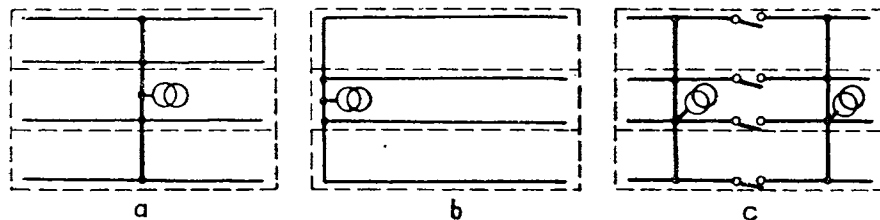


Fig. 6-9. Distribuție de forță prin bare magistrale într-o hală industrială:

a — cu un transformator central; b — cu un transformator instalat la un capăt al halei; c — cu două transformatoare.

la care pleacă radial circuitele de alimentare ale receptoarelor, fie prin derivații din bare pentru fiecare receptor în parte (cazul hal-elor cu schimbări dese ale utilajului tehnologic).

D. SCHEMELE TABLOURILOR DE DISTRIBUȚIE

Cele mai răspândite tablouri au schema simplă din fig. 6-10, *a* sau cea din fig 6-10, *b*. În general este necesar ca fiecare tablou de distribuție să aibă un întrerupător la intrarea energiei (fig. 6-10, *a*,

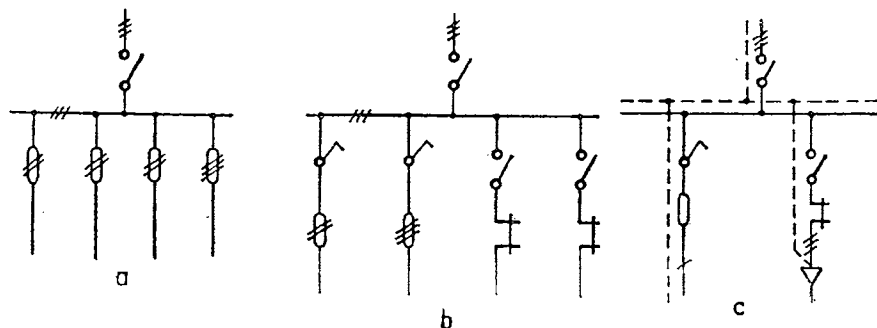


Fig. 6-10. Tablouri de distribuție fără aparate de măsurat și automate:

a — cu siguranțe fuzibile; *b* — idem, și cu întrerupătoare; *c* — idem, și cu conductor de nul.

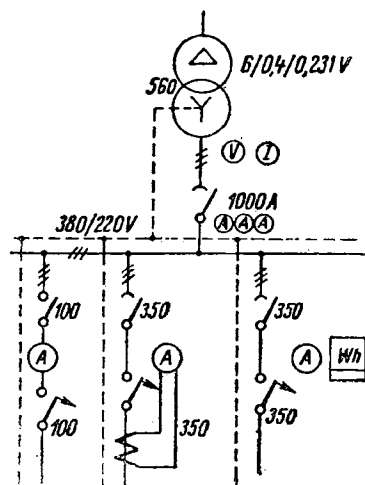


Fig. 6-11. Schema parțială a unui tablou general de distribuție.

b și c), cu ajutorul căruia se poate întrerupe alimentarea tabloului, astfel încît se pot face înlocuiri de siguranțe și revizii cu tabloul scos de sub tensiune. Este preferabil a se monta siguranțele după întrerupătoare, ca să se poată lucra la siguranțe în lipsa tensiunii.

La tablourile mai importante se instalează și aparate de măsurat (voltmetru cu comutator, ampermetre, contoare de energie activă etc.), iar în cazul intensităților mai mari se instalează și reductoare (transformatoare) de intensitate care alimentează ampermetrele și circuitele de curent ale contoarelor, watmetrelor etc. (fig. 6-11).

VII. COLOANE ȘI CIRCUITE ELECTRICE

A. COMPUNEREA COLOANELOR DE DISTRIBUȚIE

Coloanele sau circuitele electrice de la tablourile de distribuție la receptoare sînt formate de obicei din cabluri sau din conductoare izolate instalate în tuburi de protecție, montate aparent sau îngropate sub tencuială, sub pardoseală ori instalate în canale acoperite sau tuneluri.

Pentru distribuțiile de forță de intensități mari (sute și mii de amperi) se folosesc și coloane-magistrale în bare conductoare blanc, montate pe izolatoare.

Barele de distribuție se pot folosi fie pentru racordarea directă a utilajelor prin cablu sau conductoare în țeavă prin cutii de racord cu fuzibile fixate pe bare (înălțimea la care se instalează acestea în acest caz este indicat să nu depășească 2,5—3,5 m), fie pentru racordarea tablourilor de distribuție de la care pleacă coloanele de alimentare a receptoarelor. Racordarea utilajelor direct la bare de distribuție este indicată în halele fără poduri rulante și în care este necesar să se schimbe din cînd în cînd utilajele și amplasamentele lor.

Pentru ateliere de acest fel, cu mașini-unelte de puteri mici, așezate în rînduri, se pot folosi și magistrale secundare cu conductoare izolate, instalate în jgheaburi de tablă acoperite cu capace, derivațiile la mașini făcîndu-se fără asigurare, protecția fiind comună la derivarea magistralei secundare din magistrala principală.

Rezemarea acestor bare se poate face fie pe suporturi independente la 3—4 m distanță, fie chiar pe utilaje, prin țevile de protecție ale conductoarelor de alimentare a utilajelor.

B. DETERMINAREA SECȚIUNII CONDUCTOARELOR LA COLOANE ȘI CIRCUITE ELECTRICE

1. **Condiții generale.** Secțiunea aleasă din tabela 7-1 trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- rezistența mecanică să fie suficientă;
- densitatea de curent la curenții de vîrf (la porniri, supra-sarcini de foarte scurtă durată etc.) să nu depășească 35 A/mm^2 pentru cupru și 20 A/mm^2 pentru aluminiu;
- să suporte curentul de regim (curentul de calcul) fără să se încălzească peste limitele admise (v. tabelele 7-3...7-17 pentru intensitățile maxime admise permanent și coeficienții de corecție); modul de determinare a curentului de calcul este arătat la cap. V;
- căderile de tensiune în rețea să nu depășească limitele admise (pentru situația de funcționare normală se va considera curentul de calcul I_c majorat cu 10%, iar pentru pornirea agregatelor mari, calculul se face pe baza curentului de vîrf I_v); căderile de tensiune maxime admise sînt indicate la cap. V;
- curentul maxim admisibil în conductoare, în condiții reale de funcționare, să fie cel puțin 1/3 din intensitatea nominală a siguranțelor fuzibile, cel puțin 2/3 din intensitatea de reglaj a releelor electromagnetice cu temporizare, sau 1/4,5 din intensitatea de reglaj a releelor cu acționare instantanee ale întrerupătorului automat care protejează circuitul respectiv (la a căror alegere s-a ținut seama și de curenții de vîrf la porniri, suprasarcini etc.).

Coloanele de alimentare protejate prin întrerupătoare automate cu releu cu temporizare vor fi verificate și la stabilitatea termică în caz de scurtcircuit, iar instalațiile în bare vor fi verificate și la stabilitatea dinamică în caz de scurtcircuit.

În cazul unor coloane cu intensități mari și cu lungimi mari, secțiunea se va putea lua mai mare decît cea rezultată din criteriile de mai sus, dacă surplusul de investiție se recuperează prin economie de pierderi de energie în timp scurt (de ex. pînă la 5 ani).

2. **Încălzirea conductoarelor parcurse de curent.** Un conductor parcurs de curent își mărește temperatura cu o valoare θ_f , atîngînd o valoare finală la care căldura cedată de conductor în mediul înconjurător egalează căldura produsă prin trecerea curentului.

Tabela 7-1. Secțiunile minime ale conductelor montate în interiorul clădirilor

Nr. crt.	Destinația conductoarelor	Secțiunea minimă a conductoarelor mm ²	
		cupru	aluminu
1	2	3	4
1	Pentru interiorul armăturilor de iluminat: — în interiorul clădirilor — în exteriorul clădirilor	0,75 1	— —
2	Pentru alimentarea unui singur loc de lampă	1	2,5
3	Pentru instalații fixe în interiorul clădirilor, pe suporturi izolatoare așezate unul de altul la distanța: — de 1—2 m — până la 6 m — până la 15 m — peste 15 m	1,5 2,5 4 6	4 6 10 16
4	Pentru așezare în tuburi pentru circuitele locurilor de lampă de la tablou și până la ultima ramificație	1,5	2,5
5	Pentru alimentarea unei singure prize	1,5	2,5
6	Pentru circuitele și ramificațiile prizelor pe toată întinderea lor	1,5	2,5
7	Pentru circuitele prizelor în apartamente mari sau clădiri importante	2,5	4
8	Pentru circuitele primare ce alimentează firmele cu gaze rarefiate	2,5	4
9	Conductor neizolat sau învelit, pentru interior sau exterior, cu distanța de 1,20 până la 6 m între suporturile izolatoare	4	10
10	Idem, cu distanțe până la 20 m	4	10
11	Pentru forță la așezarea în tuburi	1,5	2,5
12	Pentru circuitele monofazice conductorul neutru va avea aceeași secțiune ca și conductorul de fază La distribuția cu patru conductoare pentru iluminat până la o secțiune de 16 mm ² a conductoarelor, active, secțiunea conductorului neutru este aceeași ca și a conductoarelor de fază La distribuția cu patru conductoare pentru iluminat, începînd cu secțiunea conductorului activ de 25 mm ² , se adoptă următoarele dimensiuni: — pentru 25 mm ² — pentru 35 mm ² — pentru 50 mm ²	16 16 25	16 16 25

Tabela 7-1 (continuare)

Nr. crt.	Destinația conductoarelor	Secțiunea minimă a conductoarelor mm ²	
		cupru	aluminiu
1	2	3	5
	— pentru 70 mm ²	35	35
	— pentru 95 mm ²	50	50
	— pentru 120 mm ²	70	70
	— pentru 150 mm ²	70	70
	— pentru 185 mm ²	95	95
	— pentru 240 mm ²	120	120
13	Pentru coloane între tabloul principal și cel secundar; se va determina prin calcul însă minimum	2,5	4
14	Pentru legătura între contor și tabloul de distribuție al instalației interioare; se va determina prin calcul, însă minimum	4	6
	Idem pentru locuințe în zona rurală	2,5	4
15	La instalațiile mononul, secțiunile vor fi:		
	a) conductor de fază pentru iluminat la circuit	1,5	2,5
	b) idem, la derivație	1	2,5
	c) conductor de fază pentru prize la circuit	1,5	2,5
	d) conductor de fază pentru prize la derivație	1,5	2,5
	e) conductor pentru neutrul comun	2,5	2,5
	f) conductor de legătură între contor și tabloul de distribuție al instalației	2,5	4

Notă. Pentru conductoarele montate pe izolatoare în exteriorul clădirilor, se vor folosi următoarele secțiuni minime:

Distanța între izolatoare m	Secțiunea mm ²			Diametrul mm
	Cupru	Aluminiu	Oțel și aluminiu	Oțel ¹
Până la 4	2,5	6	—	3
4—6	4	10	—	3
6—15	4	10	—	3
Peste 15	6	16	16	3

Secțiunile maxime, în mm², ce pot fi folosite pentru conductoare masive sînt: 16 pentru cupru, 25 pentru aluminiu și 6 pentru oțel.

Valoarea creșterii de temperatură după un timp oarecare se determină cu relația

$$\theta_t = \theta_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right),$$

în care: θ_t este creșterea de temperatură după t secunde, în °C;

T — constanta de timp¹ pentru încălzirea conductorului, egală cu timpul, în s, în care conductorul ar ajunge de la temperatura inițială θ_0 (a mediului ambiant) la temperatura finală cu creșterea θ_t , dacă nu ar ceda căldură în exterior; valorile aproximative ale constantei de timp pentru unele conductoare sînt date în tabela 7-2;

Tabela 7-2. Valorile aproximative ale constantei de timp pentru unele conductoare

Secțiunea mm²	Constanta de timp T , în min					
	Numărul de conductoare cu izolație de cauciuc:				Cabluri trifilare, tip:	
	În tuburi de protecție			în aer 1	CPBI	CPB
	2	3	4		Pozarea:	
					în pământ	în aer
4	2,4	2,5	3,0	4,0	6,0	18,0
6	3,0	4,0	4,75	6,25	7,2	19,1
10	4,2	6,75	7,5	9,5	8,4	20,6
16	5,6	9,3	11,0	13,7	10,8	21,6
25	7,2	13,0	15,7	19,5	12,0	26,4
35	9,0	15,7	19,5	24,0	14,4	28,8
50	12,0	19,0	23,5	28,3	18,0	32,4
70	15,0	22,0	27,5	33,0	21,6	37,2
95	18,4	26,3	32,0	37,5	26,4	43,0
120	21,4	29,5	35,5	42,0	30,0	48,0
150	24,4	33,5	41,0	47,0	34,7	53,0
185	—	—	—	—	45,0	60,0

¹ Valoarea constantei de timp pentru fiecare tip și secțiune de conductor se determină pentru curentul maxim admisibil în regim permanent, în diferitele condiții de pozare.

În practică se poate considera că se atinge temperatura finală de regim după $t=4T$, întrucît θ_i ajunge în acest timp la peste 98% din θ_f .

Un conductor parcurs de curentul I_{adm} își ridică temperatura în final cu θ_f . În cazul cînd trece prin el un alt curent de valoare I , își va ridica temperatura în final cu valoarea

$$\theta_i = \theta_f \left(\frac{I}{I_{adm}} \right)^2.$$

Exemplul 7-1. Un conductor AF500 de 25 mm² pozat în tub, prin care trece curentul maxim admisibil de 60 A, își ridică temperatura de la 25°C (temperatura mediului ambiant) la 55°C, deci $\theta_f = 55 - 25 = 30^\circ\text{C}$. Același conductor, la aceeași temperatură a mediului ambiant, încărcat cu un curent de 90 A se va încălzi cu

$$\theta_i = \theta_f \left(\frac{I}{I_{adm}} \right)^2 = 30 \left(\frac{90}{60} \right)^2 = 67,5^\circ\text{C},$$

adică va atinge temperatura de $25 + 67,5 = 92,5^\circ\text{C}$.

Tabela 7-4. Intensitățile maxime admisibile permanent, în A, în conductoare neizolate (blanc), montate în aer, pentru temperatura mediului ambiant de +25°C

Cupru			Aluminiu			Oțel aluminiu		Oțel	
Secțiunea nominală a conductorului, mm ²	Încărcarea maximă admisă în regim de durată A		Secțiunea nominală a conductorului, mm ²	Încărcarea maximă admisă în regim de durată A		Secțiunea nominală a conductorului, mm ²	Încărcarea maximă admisă în regim de durată, A	Diametrul conductorului, mm	Încărcarea maximă admisă în regim de durată, A
	Montare			Montare					
	exterior	interior		exterior	interior		exterior		interior
6	70	35	—	—	—	—	—	3	23
10	95	60	10	75	55	—	—	3,5	26
16	130	100	16	105	80	16/2,5	105	4	30
								5	35
								Secțiunea nominală în mm ²	
25	180	140	25	135	110	25/4	135	25	60
35	220	175	35	170	135	35/6	170	35	75
50	270	220	50	215	170	50/8	220	50	90
70	340	280	70	265	215	70/12	275	70	125
95	415	340	95	325	260	95/15	335	95	140
120	485	405	120	375	310	120/21	380		

Dacă se cere să se determine care este încărcarea maximă admisibilă la altă temperatură a mediului ambiant, de exemplu la 35°C, cind $\theta_t = 55 - 35 = 20^\circ\text{C}$, se deduce:

$$I^2 = \frac{\theta_t}{\theta_f} I_{adm}^2 \quad I = I_{adm} \sqrt{\frac{\theta_t}{\theta_f}} = 60 \sqrt{\frac{20}{30}} = 60 \times 0,815 = 48,90 \text{ A.}$$

Intensitățile maxime admisibile în conductoare pentru frecvența de 50 Hz sînt date în tabelele 7-3 ... 7-15 și sînt determinate astfel

Tabela 7-5. Intensitățile maxime admisibile permanent, în A, în bare de cupru, aluminiu și oțel, cu secțiunea rotundă, la temperatura mediului ambiant de +25°C

Diametrul mm	În curent alternativ $f=50 \text{ Hz}$			În curent continuu		
	Cupru	Aluminiu	Oțel	Cupru	Aluminiu	Oțel
6	155	120	33	155	120	43
7	195	150	40	195	150	
8	235	180	48	235	180	76
9	275	—	—	275	—	
10	320	245	57	320	245	103
11	365	275	—	365	275	
12	415	320	67	415	320	140
14	505	390	81	505	390	174
16	610	475	96	615	475	212
18	720	560	100	725	560	250
20	835	650	124	840	655	291
22	955	740	132	965	745	333
25	1 140	885	147	1 165	900	400
28	1 325	1 025	—	1 360	1 050	470
30	1 450	1 120	172	1 490	1 155	520
32	1 575	1 215	—	1 632	1 260	—
35	1 775	1 370	—	1 865	1 450	—
38	1 960	1 510	—	2 100	1 620	—
40	2 080	1 610	—	2 260	1 750	—
45	2 380	1 850	—	2 670	2 060	—

încît la condițiile de mediu ambiant indicate la fiecare tabelă, temperatura conductoarelor să nu depășească valorile următoare:

- conductoare neizolate și bare 80°C;
- conductoare și cabluri izolate în cauciuc sau PVC 60°C;
- cabluri cu izolație de hîrtie 80°C.

Pentru condiții diferite de mediu ambiant față de cele luate ca bază în tabelele cu intensitățile maxime admisibile se vor aplica coeficienții de corecție din tabelele 7-16 și 7-17.

Tabela 7-6. Intensitățile maxime admisibile permanent, în A, în bare tubulare de cupru, aluminiu și oțel la temperatura ambiantă de +25°C

De cupru			De aluminiu			De oțel		
Diametrul mm		Intensitatea maximă A	Diametrul mm		Intensitatea maximă A	Diametrul interior poli	Diametrul exterior mm	Intensitatea maximă A
interior	exterior		interior	exterior				
8	10	190	13	16	295	1/4	13,25	75
10	13	295	17	20	345	3/8	16,75	90
12	15	340	18	22	425	1/2	21,25	118
14	18	460	27	30	500	3/4	26,75	145
16	20	505	26	30	575	1	33,50	180
18	22	555	25	30	640	1 1/4	42,25	220
20	24	600	36	40	765	1 1/2	48,25	255
22	26	650	35	40	850	2	60,00	320
25	30	830	40	45	935	2 1/2	75,50	390
29	34	925	45	50	1 040	3	88,25	455
35	40	1 100	50	55	1 145	4	113,50	670
40	45	1 200	54	60	1 340	5	133,00	800
45	50	1 330	64	70	1 545	6	164,50	900
50	55	1 380	74	80	1 770	—	—	—
55	60	1 585	—	—	—	—	—	—
62	70	2 295	—	—	—	—	—	—
72	80	2 610	—	—	—	—	—	—

**Tabela 7-7. Intensitățile maxime admisibile permanent, în A,
în bare vopsite de cupru cu secțiunea dreptunghiulară,
la temperatura mediului ambiant de +25°C**

Dimensiunile mm		Secți- unea mm²	Greu- tatea kg/m	Încărcarea, A							
lățimea	grosi- mea			Numărul barelor pe pol sau fază							
				1	2	3	4	1	2	3	4
				Curent alternativ				Curent continuu			
15	3	45	0,40	210	—	—	—	210	—	—	—
20	5	100	0,89	400	—	—	—	400	—	—	—
25	5	125	1,11	470	—	—	—	470	—	—	—
30	5	150	1,34	550	—	—	—	550	—	—	—
40	5	200	1,78	700	—	—	—	705	1 250	—	—
50	5	250	2,23	860	—	—	—	870	1 525	1 895	—
60	5	300	2,67	1 020	1 580	2 000	—	1 030	1 800	2 260	—
60	10	600	5,34	1 475	2 560	3 300	—	1 525	2 725	3 330	—
80	10	800	7,12	1 900	3 100	3 900	—	1 990	3 510	4 450	—
100	10	1 000	8,99	2 310	3 610	4 650	5 300	2 470	4 325	5 385	7 250

**Tabela 7-8. Intensitățile maxime admisibile permanent, în A,
pentru bare din aluminiu cu secțiune dreptunghiulară,
la temperatura mediului ambiant de +25°C**

Dimensiunile mm		Secți- nea mm ²	Greu- tatea kg/m	Încărcarea, A								
lățimea	grosi- mea			Numărul barelor pe pol sau fază								
				1	2	3	4	1	2	3	4	
				Curent alternativ				Curent continuu				
15	3	45	0,12	165	—	—	—	—	—	—	—	—
20	3	60	0,16	215	—	—	—	—	—	—	—	—
40	5	200	0,54	540	—	—	—	545	965	—	—	—
50	5	250	0,68	665	—	—	—	670	1 180	1 470	—	—
60	8	480	1,30	1 025	1 680	2 150	—	1 040	1 840	2 330	—	—
80	8	610	1,73	1 320	2 040	2 620	—	1 355	2 400	2 975	—	—
100	8	810	2,16	1 625	2 390	3 050	—	1 690	2 945	3 620	—	—
60	10	600	1,62	1 155	2 010	2 650	—	1 180	2 110	2 720	—	—
80	10	800	2,16	1 480	2 410	3 100	—	1 540	2 735	3 440	—	—
100	10	1 000	2,70	1 820	2 860	3 650	4 150	1 910	3 350	4 160	5 650	—

Tabela 7-9. Încărcarea de durată maximă admisibilă pentru bare din oțel cu secțiunea dreptunghiulară la temperatura mediului ambiant de +25°C

Dimensiunile mm	Secțiunea mm ²	Greutatea kg/m	Încărcarea, A	
			curent alternativ	curent continuu
20 × 3	60	0,47	65	100
25 × 3	75	0,59	80	120
30 × 3	90	0,71	95	141
40 × 3	120	0,94	125	160
50 × 3	150	1,18	155	230
60 × 3	180	1,41	185	280
70 × 3	210	1,65	215	390
80 × 3	240	1,88	245	365
90 × 3	270	2,10	275	410
100 × 3	300	2,35	305	460
20 × 4	80	0,63	70	115
25 × 4	100	0,78	85	140
30 × 4	120	0,94	100	165
40 × 4	160	1,26	130	220
50 × 4	200	1,57	165	270
60 × 4	240	1,88	195	325
70 × 4	280	2,20	225	375
80 × 4	320	2,51	260	425
90 × 4	360	2,83	290	480
100 × 4	400	3,14	320	530

Coeficienții de încărcare pentru bare de oțel dreptunghiulare

Felul curentului	Numărul de bare		
	2	3	4
Alternativ	1,65	2,0	2,5
Continuu	1,7	2,4	3,5

Pentru coloanele electrice care alimentează receptoare cu funcționare intermitentă de scurtă durată (cu cicluri durind pînă la 10 min, din care cel mult 4 min în sarcină și restul în repaus), curentul maxim admisibil la conductoarele cu secțiunea de cel puțin 10 mm² în cazul cuprului și 16 mm² în cazul aluminiului se determină prin înmulțirea valorii indicate în tabele cu coeficientul

Tabela 7-10. Intensitățile maxime admise permanent în A, în corniere de oțel și șine de cale ferată, la temperatura mediului ambiant de 25°C

Oțel cornier			Șine de cale ferată	
Dimensiunile mm	Curent alternativ 50 Hz	Curent continuu	Profil kg/m	Curent alternativ 50 Hz
25×25× 3	155	233	7	410
25×25× 4	163	264	8	430
30×30× 4	194	300	11	535
35×35× 4	226	374	15	625
40×40× 4	260	430	18	745
40×40× 5	278	479	24	790
45×45× 5	312	535	—	—
50×50× 5	345	596	—	—
50×50× 6	347	640	—	—
60×60× 5	410	710	—	—
60×60× 6	416	776	—	—
60×60× 8	431	887	—	—
65×65× 8	474	970	—	—
75×75× 8	545	1 140	—	—
75×75×10	570	1 240	—	—

Tabela 7-11. Curenții maximi admisibili în regim permanent pentru cablurile de 1 kV cu conductoare de cupru sau aluminiu și izolație din hirtie impregnată; cu manta de plumb sau aluminiu, pozate în pământ la temperatura mediului ambiant +15°C

Secțiunea conductoarelor mm²	Cu conductoare de cupru			Cu conductoare de aluminiu		
	cu 1 conductor	cu 2 conductoare	cu 4 conductoare	cu 1 conductor	cu 2 conductoare	cu 4 conductoare
1,5	45	35	—	—	—	—
2,5	60	45	35	—	—	—
4	80	60	50	60	45	38
6	105	80	60	80	60	46
10	140	105	85	110	80	65
16	175	140	115	135	110	90
25	235	185	150	180	140	115
35	285	225	175	220	175	135
50	360	270	215	275	210	165
70	440	325	265	340	250	200
95	520	380	310	400	290	240
120	595	435	350	460	335	270
150	675	500	395	520	385	305
185	755	—	450	580	430	345
240	890	—	515	650	—	—
300	1 000	—	590	—	—	—

Tabela 7-12. Intensitatea maximă admisibilă permanent în A, în cabluri subterane de 1 kV cu conductoare de cupru și aluminiu și cu izolație din hirtie impregnată, cu manta de plumb sau aluminiu, instalate în aer la temperatura mediului ambiant 25°C

Secțiunea mm ²	Cu conductoare de cupru			Cu conductoare de aluminiu			
	Numărul de conductoare			Numărul de conductoare			
	1	2	4	1	2	3	4
1,5	30	25	—				
2,5	40	30	25				
4	55	40	35				
6	75	55	45	57	45	35	35
10	95	75	60	80	55	46	45
16	120	95	80	96	80	60	60
25	160	130	100	130	100	80	75
35	200	150	120	155	125	95	95
50	245	185	145	195	150	120	110
70	305	225	185	240	180	155	140
95	360	275	215	285	210	190	165
120	415	320	260	330	240	220	180
150	470	375	300	370	275	255	210
185	525	420	340	464	384	290	240
240	690	—	412	520	—	330	—
300	420	—	472	—	—	—	—

Tabela 7-13. Încărcarea de durată maximă admisibilă a cablurilor cu conductoare din cupru sau aluminiu cu izolația de cauciuc, pozate în pământ. Temperatura mediului ambiant +15°C

Secțiunea conductoarelor mm ²	Încărcarea maximă admisibilă în regim de durată, A				
	Cablul cu conductoare de cupru			Cablul cu conductoare de aluminiu	
	2 conductoare	3 conductoare	4 conductoare	2 conductoare	3 conductoare
1,5	24	21	18	—	—
2,5	34	31	28	25	24
4	47	43	39	37	34
6	57	52	47	45	40
10	84	77	70	64	60
16	105	98	90	81	76
25	140	125	115	108	98
35	168	155	140	130	120
50	230	210	190	175	160
70	280	260	240	216	200
95	390	—	—	—	—
120	457	—	—	—	—

Tabela 7-14. Curenții maximi admisibili în regim permanent în cabluri cu conductoare din cupru sau aluminiu, cu izolație de cauciuc, montate în aer la temperatura mediului ambiant +25°C

Secțiunea conductoarelor mm ²	Încărcarea maximă admisibilă în regim de durată, A					
	Cabluri cu conductoare de cupru			Cabluri cu conductoare de aluminiu		
	2 conductoare	3 conductoare	4 conductoare	2 conductoare	3 conductoare	4 conductoare
1,5	17	15	13	—	—	—
2,5	24	22	20	18	17	15
4	34	31	28	26	24	22
6	41	37	33	32	28	25
10	60	55	50	46	42	38
16	75	70	65	58	54	50
25	100	90	80	77	70	62
35	120	110	100	92	85	77
50	165	150	135	127	115	104
70	200	185	170	154	142	130
95	275	255	235	211	196	179
120	320	300	285	245	230	215

Tabela 7-15. Curenții maximi admisibili în regim permanent pentru cablurile cu conductoare de cupru și aluminiu, cu izolație și manta de PVC montate în pământ la temperatura mediului ambiant +20°C

Secțiunea nominală mm ²	Încărcarea maximă admisibilă, A			
	Cabluri cu 2 conductoare de		Cabluri cu 3 și 4 conductoare de	
	cupru	aluminiu	cupru	aluminiu
1,5	25	—	20	—
2,5	35	25	30	20
4	45	35	40	30
6	60	45	50	40
10	80	60	70	55
16	105	80	90	70
25	135	105	120	90
35	160	130	145	115
50	210	160	180	140
70	255	195	225	170
95	305	235	270	205
110	360	280	315	245
150	410	315	360	280
185	465	360	410	315
240	540	415	470	370

**Tabela 7-16. Coeficienții de corecție datorită temperaturii
mediului ambiant**

Felul coloanelor electrice	Coeficienți de corecție pentru temperatura, °C :											
	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
Conductoare neizolate (blanc) și bare mon- tate în aer	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
Conducte izolate în cauciuc sau mase plas- tice, montate în aer sau în tuburi	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
Cabluri cu izolație de cauciuc montate în aer	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,76	0,63	0,45	—
Idem, pozate în pământ	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,75	0,66	0,54	0,37	—
Cabluri cu izolație de hârtie montate în aer	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,79
Idem, pozate în pământ	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,93	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
Cabluri cu izolatoare de PVC pozate în pământ	—	—	1,20	1,13	1,07	1,00	0,92	0,85	0,75	0,65	—	—

**Tabela 7-17. Coeficienții de corecție la cablurile subterane pozate
în pământ în același șanț, în funcție de numărul cablurilor
și de distanța între ele (cablurile pozate direct în pământ)**

Felul mantalei	Interval liber între cabluri mm	Numărul cablurilor										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
Plumb sau aluminiiu	100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,71	0,70	0,69
	200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81	—	—	—	—	—
	300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85	—	—	—	—	—
PVC	100	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,62	0,61	0,60	—

$a = \frac{0,875}{\sqrt{DA}} = \frac{1}{1,15\sqrt{DA}}$, în care DA este durata relativă de anclanșare (conectare); valorile lui a pentru diferite valori ale lui DA sînt următoarele:

DA	0,15	0,25	0,40	0,60
a	2,25	1,75	1,38	1,13

3. Calculul pierderilor de tensiune. În relațiile de calcul ce urmează se vor folosi următoarele notații:

- U_1 — tensiunea la plecare,
- U_2 — tensiunea la sosire și
- $\Delta U = U_1 - U_2$ — pierderea de tensiune, în V;
- I — intensitatea curentului în conductor, în A;
- $I_a = I \cos \varphi$ — componenta activă a curentului;
- $I_r = I \sin \varphi$ — componenta reactivă a curentului;
- R — rezistența unui conductor al liniei, în Ω ;
- X — reactanța unui conductor al liniei, în Ω ;
- P — puterea activă transportată prin linie, în kW;
- Q — puterea reactivă transportată prin linie, în kvar;
- U — tensiunea nominală sub care se face transportul energiei electrice, în V.

În curent continuu, pierderile de tensiune se calculează în următoarele două moduri:

- cu sarcina la capătul liniei, cu relația $\Delta U = 2RI$;
- cu sarcini pe parcursul liniei și la capătul ei, cu relația

$$\Delta U = \sum R_i I_i = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 + \dots$$

În cazul din fig. 7-1,

$$I_1 = i_1 + i_2 + i_3; \quad I_2 = i_2 + i_3; \quad I_3 = i_3;$$

$$R_1 = \frac{\rho l_1}{S_1}; \quad R_2 = \frac{\rho l_2}{S_2}; \quad R_3 = \frac{\rho l_3}{S_3}.$$

În curent alternativ monofazat, ținând seama de fig. 7-2, rezultă:

$$AC=RI, \quad CB=L\omega I=XI, \quad AD=RI \cos \varphi, \quad DF=XI \sin \varphi \text{ și}$$

$$AF \approx AG = \Delta U = U_1 - U_2;$$

pierderile de tensiune se calculează cu relațiile:

— pentru sarcini inductive (fig. 7-2, a),

$$\Delta U = U_1 - U_2 = AG \approx AF = 2I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) = 2(RI_a + XI_r),$$

$$\Delta U = 2 \frac{PR + QX}{U};$$

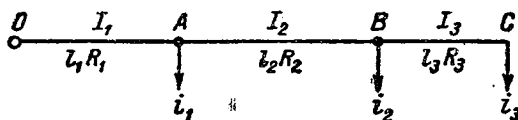


Fig. 7-1. Coloană cu sarcini repartizate pe parcurs.

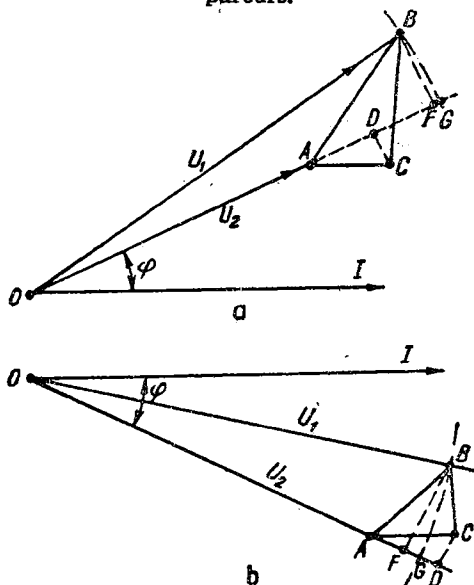


Fig. 7-2. Diagrame vectoriale ale căderii de tensiune într-o linie cu R și L , cu sarcina:

a — inductivă; b — capacitivă.

— pentru sarcini capacitive ($\cos \varphi$ capacitiv, fig 7-2, b),

$$\Delta U = 2I(R \cos \varphi - X \sin \varphi) = 2 \frac{PR - QX}{U}.$$

In curent alternativ trifazat:

— pentru sarcini inductive,

$$\Delta U = \sqrt{3}I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) = \frac{PR + QX}{U};$$

— pentru sarcini capacitive,

$$\Delta U = \sqrt{3}I(R \cos \varphi - X \sin \varphi) = \frac{PR - QX}{U}.$$

Exemplul 7-2. O linie aeriană trifazată de 200 m lungime, cu conductoare de aluminiu (cu $\rho=1/32$) de 120 mm², alimentează pe 380 V un receptor care absoarbe o putere de 40 kW, cu $\cos \varphi=0,85$.

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{200}{32 \times 120} = 0,052 \Omega;$$

$$X_0 \approx 0,32 \Omega/\text{km}, \text{ deci } X = X_0 l = 0,32 \times 0,2 = 0,064 \Omega;$$

$$Q = P \operatorname{tg} \varphi = P \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} = 40 \sqrt{\frac{1}{0,85^2} - 1} = 40 \times 0,62 = 24,8 \text{ kvar};$$

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{40 \times 0,052 + 24,8 \times 0,064}{0,4} = 5,2 + 3,96 = 9,16 \text{ V}.$$

Dacă sarcina este capacitivă ($\cos \varphi$ capacitiv),

$$\Delta U = \frac{PR - QX}{U} = 5,20 - 3,96 = 1,24 \text{ V}.$$

Pentru sarcini pur capacitive (cazul unei baterii de condensatoare statice rămasă conectată, fără alte receptoare în funcțiune),

$$\Delta U = 1,73 IX.$$

Exemplul 7-3. O baterie de condensatoare statice de 360 kvar rămasă conectată la barele unui tablou general de 380 V, alimentate de un transformator de 630 kvar, a cărui reactanță internă echivalentă plus reactanța barelor de legătură la tabloul general este de 0,02 Ω (la 380 V), produce o creștere a tensiunii egală cu

$$\Delta U = 1,73 IX = 1,73 \times \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} \times 0,02 = 33,1 \text{ V},$$

adică de circa 8,7%.

4. Valorile rezistențelor și reactanțelor diferitelor elemente ale rețelei. Rezistențele și reactanțele se consideră pentru o singură fază. Înfășurarea indusă a generatoarelor și înfășurările transformatoarelor se consideră cu conexiunea în stea.

Cu relațiile care urmează toate valorile se obțin în ohmi, raportate la tensiunea de bază U_b , în kilovați, aceeași pentru tot lanțul de elemente.

Reactanța sistemului energetic X_s se deduce din nivelul puterii de scurtcircuit S_K indicată de întreprinderea regională de electricitate la barele de intrare în instalație, cu relația

$$X_s [\Omega] = \frac{U_b^2 [\text{kV}]^2}{S_K [\text{MVA}]}$$

Rezistența sistemului energetic se neglijează.

a. *Generatorul.* Rezistența pe fază a înfășurării induse la temperatura de funcționare este dată în prospectul mașinii.

Pentru determinarea reactanței se aplică relația

$$X_G = \frac{X_d [\%]}{100} \cdot \frac{U_b^2 [\text{kV}]^2}{S_g [\text{MVA}]} = 10 X_d [\%] \cdot \frac{U_b^2 [\text{kV}]^2}{S_g [\text{kVA}]}$$

în care $X_d [\%]$ este reactanța sincronă dată în prospectul mașinii;

S_g — puterea nominală a generatorului.

În lipsa datelor asupra reactanței sincrone se pot lua valorile:

$X_d \approx 12,5\%$ pentru turbogeneratoare;

$X_d \approx 20\%$ pentru hidrogeneratoare sau generatoare acționate de motoare Diesel.

Exemplul 7-4. Reactanța unui turbogenerator de 1 000 kVA la tensiunea de 6,3 kV are valoarea:

$$X_g = 10 \times 12,5 \times \frac{6,3^2}{1\,000} = 4,95\Omega.$$

b. *Transformatoare.* Rezistența unui transformator este

$$R_T [\Omega] = 1\,000 \frac{p_{Cu} [\text{kW}] U_b^2 [\text{kV}]^2}{S_T^2 [\text{kVA}]}$$

în care p_{Cu} sînt pierderile în înfășurări (la proba de scurtcircuit), în kW.

Reactanța transformatorului este

$$X_T [\Omega] \approx 10 u_{sc} [\%] \frac{U_b^2 [\text{kV}]}{S_T [\text{kVA}]}.$$

Exemplul 7-5. Un transformator de 400 kVA are la proba de scurtcircuit pierderile de 8 300 W, iar tensiunea de scurtcircuit este de 6%. La tensiunea de bază de 400 V se obține

$$R_T = 1\,000 \frac{8,3 \times 0,4^2}{400^2} = 0,0083 \Omega; X_T = 10 \times 6 \frac{0,4^2}{401} = 0,024 \Omega.$$

c. *Bobine de reactanță.* Rezistența la temperatura de funcționare este dată de fabrica furnizoare.

Reactanța bobinei la tensiunea nominală este dată de relația

$$X_{n\ br} = \frac{X_n}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3} I_n} [\Omega],$$

în care: X_n este reactanța nominală a bobinei, în procente;

U_n — tensiunea nominală a bobinei, în kV;

I_n — intensitatea nominală a bobinei, în kA.

Raportarea rezistențelor și reactanțelor la tensiunea de bază U_b se face cu relațiile:

$$R_b = R_n \frac{U_b^2}{U_n^2} \quad \text{și} \quad X_b = X_n \frac{U_b^2}{U_n^2},$$

în care: R_n și X_n sînt respectiv rezistența și reactanța determinate sau funcționînd la tensiunea U_n ;

R_b și X_b — respectiv rezistența și reactanța raportate la tensiunea de bază U_b .

Exemplul 7-6. O bobină de reactanță cu $U_n=10$ kV, $I_n=500$ A și $X_n[\%]=6$, are reactanța

$$X_n = \frac{6}{100} \times \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,5} = 0,695 \Omega;$$

raportată la tensiunea de bază de 0,4 kV,

$$X_b = 0,695 \times \frac{0,4^2}{10^2} = 0,00111 \Omega.$$

d. *Linii electrice. Rezistența unei faze este*

$$R = \rho \frac{l}{S} [\Omega].$$

ρ fiind rezistivitatea, în $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ (pentru 1 m lungime și 1 mm² secțiune);

l — lungimea, în m, iar S — secțiunea, în mm².
Se poate lua:

$$\rho = \frac{1}{54} \text{ pentru cupru și } \rho = \frac{1}{32} \text{ pentru aluminiu.}$$

În cazul oțelului, întrucît ρ variază cu secțiunea și cu intensitatea curentului, valoarea rezistenței conductoarelor se ia direct din tabelă (v. tabela 7-19).

Reactanța inductivă (externă) a unei faze, în Ω/km , se poate calcula pentru linii cu un singur circuit cu relația:

$$X_L = 0,0314 \left(4,6 \lg \frac{D_{med}}{r} + 0,5 \right) \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right],$$

în care: D_{med} este distanța medie între faze; pentru o linie trifazată

$D_{med} = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}}$, unde D_{12} , D_{23} și D_{31} sînt distanțele între axele celor trei conductoare de fază (1, 2 și 3); cînd conductoarele sînt așezate în același plan la distanțe egale, $D_{med} = 1,26$ ori distanța între două conductoare vecine;

r — raza conductorului.

Pentru conductoarele de oțel, pe lângă reactanța externă X' trebuie să se țină seama și de reactanța internă X'' , datorită fluxului magnetic în interiorul conductorului (a se vedea tabelele 9-19, 9-20 și 9-22).

Exemplul 7-7. La o linie trifazată cu conductoare de 95 mm² (diametrul de 13 mm), așezate pe aceeași traversă, la 0,4 m unul de altul, distanța medie între faze este

$$D_{med} = \sqrt[3]{0,4 \times 0,8 \times 0,4} = 1,26 \times 0,4 = 0,504 \text{ m,}$$

iar reactanța:

$$X_L = 0,0314 \left(4,6 \lg \frac{0,504}{0,0065} + 0,5 \right) = 0,0314 (4,6 \times 1,9 + 0,5) = 0,29 \text{ } \Omega/\text{km.}$$

Tabela 7-18. **Rezistența și reactanța (pe fază) a liniilor aeriene cu conductoare de cupru și de aluminiu**

Secțiunea conduc- torului mm ²	Conductoare de cupru			Conductoare de aluminiu		
	Rezistența	Reactanța Ω/km		Rezistența	Reactanța Ω/km	
		La distanța între faze			La distanța între faze	
		Ω/km	400 mm		600 mm	Ω/km
4	4,65	0,385	0,411	—	—	—
6	3,06	0,371	0,397	—	—	—
10	1,84	0,355	0,381	—	—	—
16	1,20	0,333	0,358	1,96	0,333	0,358
25	0,74	0,319	0,345	1,27	0,319	0,345
35	0,54	0,308	0,336	0,91	0,308	0,336
50	0,39	0,297	0,325	0,63	0,297	0,325
70	0,28	0,283	0,309	0,45	0,283	0,309
95	0,2	0,274	0,300	0,33	0,274	0,300
120	0,158	—	0,292	0,27	—	0,292
150	0,123	—	0,287	0,21	—	0,287
185	0,103	—	0,280	0,17	—	0,280

Tabela 7-19. **Rezistența și reactanța inductivă internă a liniilor aeriene cu conductori de oțel**

Diametrul mm	Secțiunea mm ²	Rezistența, în Q/km, pentru intensitatea, A								Reactanța inductivă internă, în Q/km, pentru intensitatea, A							
		5	10	20	30	50	100	150	200	5	10	20	30	50	100	150	200
3,5		20,1	21,9	—	—	—	—	—	—	14,1	17,1	—	—	—	—	—	—
		15,5	18,1	—	—	—	—	—	—	11,5	14,3	—	—	—	—	—	—
5		12,3	14,6	12,7	—	—	—	—	—	9,7	12,4	10,5	—	—	—	—	—
		10,1	11,5	11,0	—	—	—	—	—	8,4	10,3	9,7	—	—	—	—	—
25		5,32	5,50	6,70	7,10	6,85	6,32	—	—	0,63	0,93	1,63	2,01	2,07	1,67	—	—
		3,70	3,80	4,40	5,21	5,25	4,71	4,47	—	0,40	0,55	1,04	1,56	1,72	1,43	1,27	—
50		2,75	2,78	2,85	3,10	3,61	3,65	3,50	—	0,26	0,30	0,42	0,59	1,00	1,13	0,95	—
		1,70	1,70	1,72	1,77	1,93	2,33	2,38	2,19	0,18	0,21	0,25	0,30	0,45	0,73	0,73	0,69
95		1,55	1,55	1,55	1,56	1,58	1,71	1,89	1,88	0,08	0,08	0,09	0,09	0,11	0,23	0,34	0,35

Notă. Pentru reactanța inductivă externă se pot lua valorile pentru conductoare de cupru de secțiune corespunzătoare (v. tabela 7—18).

Reactanța barelor colectoare sau a coloanelor formate din bare se calculează cu relațiile următoare.

— Pentru bare rotunde sau tubulare, reactanța unei faze este

$$X_0 = X_0' + X_0'' = \text{reactanța externă} + \text{reactanța internă} =$$

$$= 2\pi f \left(4,6 \lg \frac{D_m}{r} + 0,5\mu \right) 10^{-4} \quad [\Omega/\text{km}];$$

la frecvența de 50 Hz,

$$X_0 = 0,1445 \lg \frac{D_m}{r} + 0,0157\mu \quad [\Omega/\text{km}],$$

Tabela 7-20. Rezistența R , și reactanța inductivă internă x' , în Ω/km , pentru conductoare din țevă de oțel

Diametrul interior țoli		Densitatea curentului, A/mm ²								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1
1/2	R	—	4,60	4,28	3,98	3,80	3,64	3,50	3,37	3,28
	x'	—	2,10	2,42	2,25	2,95	2,06	1,98	1,90	1,85
3/4	R	—	3,63	3,33	3,08	2,95	2,82	2,73	2,63	2,58
	x'	—	2,05	1,88	1,74	1,67	1,59	1,54	1,48	1,46
1	R	2,95	2,72	2,50	2,32	2,20	2,11	2,05	1,98	—
	x'	1,67	1,54	1,41	1,31	1,24	1,19	1,16	1,12	—
1 1/2	R	2,02	1,83	1,67	1,56	1,48	1,43	1,39	—	—
	x'	1,14	1,04	0,94	0,88	0,84	0,81	0,79	—	—
2	R	1,62	1,47	1,33	1,24	1,18	1,14	1,11	—	—
	x'	0,91	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,63	—	—
2 1/2	R	1,26	1,14	1,03	0,97	0,92	0,88	0,84	—	—
	x'	0,71	0,64	0,58	0,55	0,52	0,50	0,47	—	—
3	R	1,10	0,94	0,86	0,79	0,76	0,73	0,71	—	—
	x'	0,62	0,53	0,48	0,44	0,42	0,42	0,41	—	—

Distanța între bare mm	x' pentru diametrul interior						
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"
50	0,111	0,097	—	—	—	—	—
100	0,155	0,142	0,126	0,104	—	—	—
200	0,198	0,184	0,170	0,148	0,134	0,119	0,109
300	—	0,212	0,196	0,173	0,159	0,145	0,134
500	—	—	0,228	0,205	0,191	0,176	0,167

Notă: Pentru reactanța inductivă externă se vor lua aceleași valori ca pentru țevi de cupru sau de aluminiu.

în care, pentru aluminiu și cupru $\mu=1$, D_m este distanța medie între axele fazelor, iar r — raza exterioară a conductorului.

În cazul a trei bare așezate într-un plan cu distanța a între două bare vecine, distanța medie este (ca la linii aeriene)

$$D_m = \sqrt[3]{a \cdot a \cdot 2a} = 1,26 \cdot a.$$

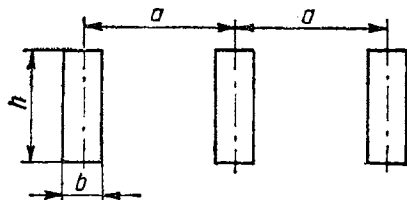


Fig. 7-3. Determinarea reactanței la trei bare dreptunghiulare așezate pe muchie.

— Pentru bare dreptunghiulare (fig. 7-3), pentru o fază (după Waltjen), reactanța unei faze este

$$X_0 = 0,1445 \lg \frac{\pi D_m + h}{\pi b + 2h} [\Omega/\text{km}].$$

În tabelele 7-18...7-23 sînt indicate rezistențele și reactanțele inductive ale conductoarelor pentru curenți cu frecvența $f=50$ Hz.

Tabela 7-21. Rezistențele și reactanțele barelor dreptunghiulare de cupru și aluminiu

Secțiunea barelor mm ²	Rezistența barelor la $t=65^\circ\text{C}$ mΩ/m		Reactanța barelor, în mΩ/m, pentru distanța medie geometrică între faze			
	de cupru	de aluminiu	100	150	200	300
25×3	0,268	0,475	0,179	0,2	0,225	0,244
30×3	0,223	0,394	0,163	0,189	0,206	0,235
30×4	0,167	0,296	0,163	0,189	0,206	0,235
40×4	0,125	0,222	0,145	0,170	0,189	0,214
40×5	0,1	0,177	0,145	0,170	0,189	0,214
50×5	0,08	0,142	0,137	0,1565	0,18	0,200
50×6	0,067	0,118	0,137	0,1565	0,18	0,200
60×6	0,0538	0,099	0,1195	0,145	0,163	0,189
60×8	0,0418	0,074	0,1195	0,145	0,163	0,189
80×8	0,0313	0,055	0,102	0,126	0,145	0,170
80×10	0,025	0,0445	0,102	0,126	0,145	0,170
100×10	0,02	0,0355	0,09	0,1127	0,133	0,157
2(60×8)	0,0209	0,037	0,12	0,145	0,163	0,189
2(80×8)	0,0157	0,0277	—	0,126	0,145	0,170
2(80×10)	0,0125	0,0222	—	0,126	0,145	0,170
2(100×10)	0,01	0,0178	—	—	0,133	0,157

În tabela 7-24 se dau valorile rezistenței, reactanțelor inductive și ale intensității maxime admise pentru unele conductoare la frecvențele $f=2\,500$ Hz și $f=8\,000$ Hz, folosite în unele instalații de înaltă frecvență.

Tabela 7-22. Intensitatea maximă admisibilă, rezistența r , reactanța internă x' și reactanța externă x'' pentru bare de oțel dreptunghiulare și oțel cornier

Felul	Dimensiuni mm	Curatul maxim I_{max} A	Intensi- tatea de calcul A	r Ω/km	x' Ω/km	Distanța între faze cm	x'' Ω/km
Oțel lat	40×3	125	35	3,87	2,19	13	0,254
			70	3,50	2,00	13	0,254
	50×3	155	40	3,20	1,80	13	0,252
			95	2,82	1,62	13	0,252
	40×4	130	40	3,48	1,96	13	0,264
			65	3,30	1,90	13	0,264
	50×4	165	50	2,88	1,62	13	0,235
			85	2,60	1,46	13	0,235
	40×5	132	40	3,39	1,91	13	0,233
			70				
Oțel cornier	50×5	161	50	2,74	1,54	13	0,222
			90				
	60×5	192	60	2,31	1,30	15	0,230
			120				
	80×5	250	80	1,76	0,99	15	0,228
			140				
	100×5	306	100	1,42	0,80	15	0,228
			200				
	40×40×4	235	60	1,94	1,09	13	0,231
			120	1,80	1,00	13	0,230
Oțel cornier	50×50×5	296	100	1,50	0,85	13	0,216
			170	1,36	0,77		0,216
	60×60×6	372	140	1,18	0,70	15	0,219
			250	1,07	0,60		0,219
	75×75×8	487	180	0,89	0,60	15	0,194
			325	0,81	0,45		0,194

5. Determinarea curentului de vîrf.

a. *Coloane alimentînd mașini-unelte.* Valoarea curentului de vîrf I_v a unei coloane electrice se poate determina folosind relațiile de mai jos.

Tabela 7-23. **Rezistența și reactanța inductivă a cablurilor de 1 kV cu conductori de cupru și de aluminiu**

Secțiunea cablului mm ²	Rezistența, Ω/km , pentru conductoare de		Reactanța inductivă Ω/km
	cupru	aluminiu	
1,5	13,9	—	0,1090
2,5	8,4	14,0	0,098
4	5,1	8,6	0,095
6	3,4	5,9	0,090
10	2,05	3,5	0,073
16	1,32	2,23	0,0675
25	0,842	1,42	0,0662
35	0,602	1,09	0,0637
50	0,422	0,712	0,0625
70	0,300	0,507	0,0612
95	0,222	0,375	0,0602
120	0,175	0,295	0,0602
150	0,140	0,236	0,0596
185	0,114	0,192	0,0596
240	0,087	0,148	0,0587
300	0,068	0,18	0,0582

Notă. Pentru rezistența electrică a conductoarelor izolate, trase în tuburi de protecție, se pot folosi valorile indicate pentru linii aeriene (v. tabela 7—18), iar pentru reactanța inductivă se pot lua valorile din această tabelă.

Pentru un singur receptor,

$$I_v = I_p = I_n K_p,$$

în care $K_n = \frac{I_p}{I_n}$ este raportul între curentul de pornire și curentul la sarcină nominală.

Tabela 7-24. Intensitățile maxime admisibile, rezistențele și reactanțele inductive, în Ω /km, la frecvențele de 2 500 și 8 000 Hz a unor conducte de cupru și de aluminiu (pentru un conductor)

Secțiunea mm ²	f=2 500 Hz						f=8 000 Hz						
	Cupru			Aluminiu			Cupru			Aluminiu			
	r	x	l	r	x	l	r	x	l	r	x	l	
Cabluri CP și ACP	2×25	3,5	6,7	76	4,5	7,7	66	6,17	16,4	57	8,6	18,8	47
	2×35	5,94	5,79	86	3,84	6,69	75	5,2	14,0	65	7,2	16,0	55
	2×50	2,45	4,83	96	3,15	5,53	84	4,32	11,9	72	6,0	13,6	62
	2×70	2,04	3,93	115	2,63	4,52	100	3,60	9,6	90	5,0	11,0	75
	2×95	1,73	3,46	135	2,21	3,95	120	30,5	8,61	100	4,23	9,79	85
	2×120	1,53	3,27	150	1,97	3,71	135	27,0	8,27	115	3,75	9,32	105
	2×150	1,35	2,90	170	1,74	3,29	150	23,7	7,32	130	3,3	8,25	110
Țevi la 20 mm interval	Dia- metre mm												
	25/30	0,310	7,900	676	0,398	7,80	571	0,577	25,2	495	0,725	25,3	430
	35/40	0,226	7,150	895	0,294	7,15	770	0,43	22,8	650	0,538	22,85	570
	40/45	0,20	6,90	972	0,259	6,90	846	0,38	22,0	716	0,475	22,01	625
	45/50	0,18	6,70	1 160	0,247	6,70	915	0,342	21,4	784	0,426	21,40	697
	72/80	0,118	5,95	1 640	0,147	6,00	1 450	0,212	19,06	1 220	0,270	19,2	1,07
Bare la 15 mm interval	Secțiu- nea mm ²												
	50×6	0,59	5,04	480	0,745	5,20	420	1,10	15,30	350	1,34	15,59	310
	60×6	0,49	4,29	590	0,625	4,425	495	0,880	13,00	440	1,12	13,29	370
	80×6	0,37	3,51	750	0,465	3,605	645	0,66	10,76	560	0,84	10,94	480
	100×6	0,30	2,75	855	0,37	2,82	750	0,525	9,375	645	0,67	8,52	560
	120×8	0,25	2,40	1 040	0,31	2,46	895	0,44	7,30	770	0,56	7,44	665

Pentru 2—3 receptoare putînd funcționa simultan

$$I_v = \Sigma I_n + (K_{p\text{ max}} - 1)I_{n\text{ max}},$$

în care: ΣI_n este suma curenților nominali ai tuturor motoarelor;
 $K_{p\text{ max}}$ — raportul între curentul de pornire și curentul nominal, corespunzător receptorului cu $I_{n\text{ max}}$;

$I_{n \max}$ este valoarea curentului nominal, în A, corespunzătoare receptorului cu diferența cea mai mare între curentul de pornire și curentul nominal.

Pentru coloane alimentând mai mult decât trei receptoare funcționând simultan

$$I_v = 1,1 I_c + (K_p \max - 1) I_{n \max},$$

în care I_c este curentul de calcul determinat ca la cap. V, B, 2.

Exemplul 7-8. O coloană electrică alimentează un tablou la care sînt conectate nouă receptoare cu $I_c = 60$ A; $I_{n \max} = 15$ A; $K_p \max = 6$. Rezultă:

$$I_v = 1,1 \times 60 + (6 - 1) 15 = 7141 \text{ A}$$

b. *Coloane alimentînd linii de contact la macarale.* Pentru liniile de contact ale macaralelor (sau podurilor rulante) curentul de vîrf se calculează în conformitate cu prevederile STAS 6773-63, cu relațiile următoare:

— pentru o singură macara,

$$I_{v1} = K_p I_{n1} + I_{n2};$$

— pentru două macarale,

$$I_{v2} = I_{v1} + K'_p I'_{n1};$$

— pentru trei sau mai multe macarale,

$$I_{v3} = I_{v2} + I_c \frac{\Sigma I_n - (I_{n1} + I_{n2} + I'_{n1})}{\Sigma I_n},$$

în care:

- I_{n1} este curentul nominal al motorului cu puterea cea mai mare și curentul de pornire $I_{n \max} = K_1 I_{n1}$;
- I_{n2} — curentul nominal al motorului electric imediat inferior ca putere;
- K_p — raportul între curentul de pornire și curentul nominal la motorul cel mai mare la prima macara (pentru motoare cu inele se ia $K_p = 2$);
- I'_{n1} și K'_p — pentru a 2-a macara, corespunde lui I_{n1} și K_p de la prima macara;

I_c este curentul de calcul (curentul mediu pătratic) al liniei de contact care alimentează macaralele;

$\sum I_n$ — suma curenților nominali ai tuturor motoarelor de pe toate macaralele.

6. *Calculul variației de tensiune produsă la variații de sarcină sau la conectarea de receptoare mari.* Variația de tensiune se calculează cu aceeași relație ca și căderea de tensiune, cu următoarele diferențe:

— valorile pentru R și X trebuie să cuprindă toate elementele rețelei între sursa de curent (inclusiv sursa) și punctul pentru care se calculează variația de tensiune;

— valorile pentru I și $\cos \varphi$, respectiv pentru P și Q se referă numai la suplimentul de sarcină, nu și la sarcina existentă anterior; pentru calculul variației de tensiune la pornire se va considera curentul de pornire și $\cos \varphi$ la pornire.

În cazul când alimentarea cu energie electrică se face din sistemul energetic, se cunoaște de obicei numai puterea de scurtcircuit S_K (în MVA) la barele de alimentare de înaltă tensiune. Pe baza acestei puteri de scurtcircuit se poate determina reactanța echivalentă X_s (în ohmi) a sistemului cu relația dată mai înainte:

$$X_s = \frac{U_b^2 [\text{kV}]}{S_K [\text{MVA}]}.$$

Raportarea unei rezistențe sau reactanțe de la o tensiune U_1 la alta U_2 se face prin înmulțirea cu $\left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2$.

Exemplul 7-9. Pentru o putere de scurtcircuit de 80 MVA la barele de 6 kV ale stației de conexiuni dintr-o întreprindere industrială (fig. 7-4), reactanța sistemului raportată la tensiunea de 6 kV este

$$X_s = \frac{6^2}{80} = 0,45 \Omega.$$

Raportînd această reactanță la tensiunea de 0,4 kV rezultă

$$X_{s,0,4} = 0,45 \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 0,002 \Omega.$$

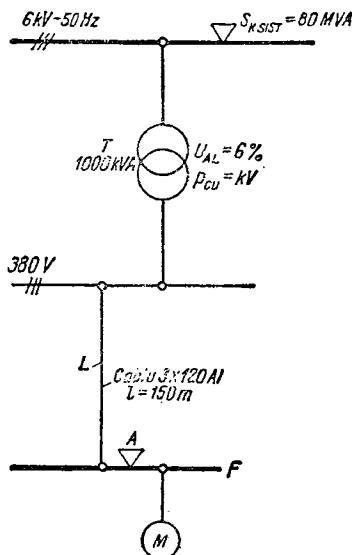


Fig. 7-4. La exemplul 7-9.

Se cere să se calculeze căderea de tensiune produsă de pornirea unui motor conectat în punctul A.

Pentru determinarea pierderii de tensiune pînă la barele tabloului de distribuție F trebuie să se țină seama și de reactanțele și rezistențele transformatorului T și ale liniei L (X_T , X_L , R_T , R_L), calculate mai jos, pe baza datelor din fig. 7-4.

Pentru transformatoare:

— componenta activă a tensiunii de scurtcircuit este

$$U_a = 100 \cdot \frac{P_{cu[kW]}}{S_n[kVA]} = 100 \cdot \frac{16}{1000} = 1,6 \%;$$

— componenta reactivă a tensiunii de scurtcircuit este

$$U_r = \sqrt{(U_{sc[\%]})^2 - (U_a[\%])^2} = \sqrt{6^2 - 1,6^2} = \sqrt{33,44} = 5,79 \%;$$

— reactanța inductivă este

$$X_T = \frac{10U_{R[\%]}U_{[kV]}}{S_n[kVA]} = \frac{10 \times 5,79 \times 0,4^2}{1000} = 0,00925 \Omega;$$

— rezistența ohmică este

$$r_T = \frac{1000P_{cu[kW]}U_{[kV]}^2}{S_n^2[kVA]} = \frac{1000 \times 16 \times 0,4^2}{1000^2} = 0,00256 \Omega.$$

Pentru linia L în cablu se scoate din tabela 7-23:

$$X_0 = 0,0602 \Omega/\text{km};$$

$$X_L = 0,0602 \times 0,15 = 0,00903 \Omega;$$

$$R_0 = 0,295 \Omega/\text{km};$$

$$R_L = 0,295 \times 0,15 = 0,0443 \Omega.$$

Reactanța totală:

$$X = X_s + X_T + X_L = 0,002 + 0,00925 + 0,00903 = 0,02028 \Omega.$$

Rezistența totală (neglijînd rezistența sistemului):

$$R = R_T + R_L = 0,002716 + 0,0443 = 0,047016 \Omega.$$

Se conectează un motor electric care la pornire absoarbe puterea:

$$P = 40 \text{ kW la } \cos \varphi = 0,315; \text{ rezultă } \tan \varphi = 3; Q = P \tan \varphi = 40 \times 3 = 120 \text{ kvar.}$$

Căderea de tensiune suplimentară (variația de tensiune) produsă la pornirea motorului este

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{PR + QX}{U} = \frac{40 \times 0,047016 + 120 \times 0,02028}{0,38} = \frac{1,88 + 2,436}{0,38} = \\ &= \frac{4,316}{0,38} = 11,3 \text{ V.} \end{aligned}$$

Variația procentuală de tensiune este

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U} 100 = \frac{11,3}{380} 100 = 2,97 \% \approx 3 \%$$

C. PROTECȚIA RECEPTOARELOR ȘI COLOANELOR ELECTRICE

1. Siguranțe fuzibile și întrerupătoare automate. Receptoarele electrice se protejează prin întreruperea alimentării în următoarele situații:

— contra scurtcircuitelor interioare, în toate cazurile (coloane și receptoare); se realizează prin siguranțe fuzibile sau prin întrerupătoare automate cu relee electromagnetice (cu acționare instantanee cu reglaj cel puțin cu 25% mai mare decât curentul de vîrf);

— contra suprasarcinii prelungite, în cazul motoarelor electrice și a unor coloane importante și receptoare care prin natura lor pot fi supraîncărcate (cupatoare electrice cu arc sau cu inducție etc.); se realizează prin relee termice, iar în cazul instalațiilor de iluminat prin siguranțe fuzibile;

— contra revenirii tensiunii (protecție de tensiune minimă sau de tensiune nulă) în cazul motoarelor electrice și a altor receptoare la care revenirea tensiunii poate provoca accidente; se realizează prin relee sau bobine de tensiune nulă.

Intensitatea nominală a siguranțelor fuzibile se ia cît mai mică, ținînd seama de următoarele indicații:

— la instalații de forță: între intensitatea maximă admisibilă în conductoare pînă la cel mult de 3 ori această valoare; totodată se va ține seama de curentul de pornire astfel:

— la pornirea cu stea triunghi se va lua

$$I_{nom\ fuz} \geq 1,3 I_{nom\ motor};$$

— la pornirea directă se va lua

$$I_{nom\ fuz} \geq 2,5 I_{nom\ motor}.$$

Pentru calcule mai exacte, cînd se cunoaște valoarea curentului de pornire I_p și durata accelerării la pornire se va lua:

$$I_{nom\ fuz} \geq \frac{I_p}{2,5} \text{ pentru porniri rare în gol};$$

$$I_{nom\ fuz} \geq \frac{I_p}{1,6} \text{ pentru porniri dese în gol sau porniri sub sarcină în timp mai lung (pînă la 30—40")}.$$

Tabela 7-25. Secțiunea conductoarelor și valorile fuzibilelor coloanelor de alimentare a motoarelor electrice cu $DA=100\%$ la tensiunea de 380 V

Puterea nominală kW	I_{nom} A	$1,3 I_{nom}$ A	$2,5 I_{nom}$ A	Intensitatea nominală a siguranței, A			Secțiunea conductoarelor de fază mm ²	Secțiunea conductoarelor în tub mm ²	Secțiunea cablului cu 4 conductoare izolate în cauciuc sau PVC de:		Reglaaj relee termice	Tuburi de protecție pentru 4 conductoare			Poli Teava d.n. ole
				Porțite cu reostat	Porțite stea triunghi	Porțite directă			cupru mm ²	alumi- niu mm ²		IPE	IPEY	P	
0,6	2	2,6	5	6	6	10	2,5	1,5	1,5	2,5	1,8—	21	25/21,8	18	3/4
0,8	2,5	3,25	6,25	6	6	10	2,5	1,5	1,5	2,5	1,8—	21	25/21,8	18	3/4
1,0	3,0	3,9	7,5	6	6	10	2,5	1,5	1,5	2,5	1,8—	21	25/21,8	18	3/4
1,1	3,2	4,15	8,0	6	6	10	2,5	1,5	1,5	2,5	3—	21	25/21,8	18	3/4
1,5	4,3	5,6	10,8	10	10	15	2,5	1,5	1,5	2,5	3—	21	25/21,8	18	3/4
1,7	4,6	6,0	11,5	10	10	15	2,5	1,5	1,5	2,5	3—	21	25/21,8	18	3/4
2,2	6,0	7,8	15,0	10	10	15	2,5	1,5	1,5	2,5	4,5—	21	25/21,8	18	3/4
2,8	7,4	9,6	18,5	10	10	15	2,5	1,5	1,5	2,5	4,5—	21	25/21,8	18	3/4
3	7,9	10,3	19,8	10	15	20	2,5	1,5	1,5	2,5	6—	21	25/21,8	18	3/4
4	10,5	13,5	26,2	15	15	35	4	2,5	2,5	4	9—	21	25/21,8	26	3/4
4,5	11,5	15,0	28,7	15	15	35	4	2,5	2,5	4	9—	21	25/21,8	26	3/4
5,5	13,5	17,5	34,0	15	20	35	4	2,5	2,5	4	9—	21	25/21,8	26	3/4
7	16,5	21,5	41,5	20	25	45	6	4	4	6	12—	29	32/28,8	26	1
7,5	17,5	22,6	44,0	20	25	45	6	4	4	6	12—	29	32/28,8	26	1
10	23	30,0	57,5	25	35	60	10	6	6	10	15—	29	32/28,8	26	1
13	30	39,0	75,0	35	45	80	10	6	6	10	15—	29	32/28,8	26	1
14	32	41,5	80,0	35	45	80	10	6	6	10	15—	29	32/28,8	26	1
17	37	48,0	98,0	45	60	100	16	10	10	16	24—	36	40/36,4	37	1 1/2
20	43	56,0	108,0	45	60	125	16	10	10	16	24—	36	40/36,4	37	1 1/2
22	47	61	118,0	60	60	125	16	10	10	16	24—	36	40/36,4	37	1 1/2
28	64	78	150	60	80	160	25	10	16	25	48—	36	40/36,4	37	2
30	64	83	160	80	80	160	35	10	16	35	48—	—	50/46	—	2
40	84	109	210	100	125	200	50	16	25	35	60—	—	—	—	2 1/2
55	118	153	294	125	160	315	70	25	35	70	90—	—	—	—	2 1/2
75	150	199	375	160	200	400	95	35	50	95	120—	—	—	—	3
100	190	260	475	200	260	500	150	50	95	120	180—	—	—	—	3

La instalațiile de iluminat, după determinarea secțiunii conductoarelor în funcție de încălzire și de căderea de tensiune, se alege $I_{nom fuz}$ între 0,6 și 0,9 I_{adm} pentru secțiunea aleasă.

Intensitatea nominală a întrerupătoarelor automate se va lua egală cu cel puțin 1,1 I_c .

Reglajul valorii de acționare a releelor electromagnetice pentru protecția la scurtcircuit va fi de cel mult 4,5 ori intensitatea maximă admisibilă în conducte.

Releele termice, pentru protecția contra suprasarcinii se vor regla astfel:

— pentru coloane, la valoarea curentului maxim admisibil în mod permanent sau pînă la cel mult 150% din această valoare;

— pentru motoare și alte receptoare, la valoarea curentului nominal al receptoarelor sau pînă la cel mult 120% din valoarea acestui curent.

În tabela 7-25 sînt date secțiunile conductoarelor și valorile siguranțelor fuzibile pentru coloanele de alimentare la 380 V a motoarelor electrice asincrone pînă la 100 kW cu $DA=100\%$, pentru diferite moduri de pornire.

2. Tuburi izolate de protecție. Alegerea diametrului tuburilor izolate de protecție se face cu tabelele 7-26...7-30, în care se arată diametrele minime admise pentru tuburile de protecție ale conductoarelor izolate și cablurilor nearmate.

D. CONDIȚII DE ÎNDEPLINȚIT LA PORNIREA DIRECTĂ

A MOTOARELOR ASINCRONE CU ROTORUL ÎN SCURT-CIRCUIT

1. Condiția de pornire. Cuplul de pornire dezvoltat de un motor la tensiunea redusă prin curentul de pornire trebuie să fie cu cel puțin 10% mai mare decît cuplul rezistent al utilajului antrenat; această condiție se exprimă prin relația

$$\left(\frac{U_n - \Delta U}{U_n} \right)^2 \mu_p \geq 1,1 \frac{M_{rez\, porn}}{M_n} \cdot \frac{M_{rez\, nom}}{M_n},$$

în care: U_n este tensiunea nominală a motorului, în V;

ΔU — căderea de tensiune la pornire, în V;

μ_p — raportul între cuplul de pornire și cuplul nominal al motorului;

Tabela 7-26. Diametrele, în mm, ale tuburilor izolante din PVC-IP cu conductoare izolate de cupru și ale tuburilor din PVC-IPE cu conductoare izolate de cupru sau de aluminiu (în montaj aparent sau îngropat)

Secțiunea conductoarelor	Tuburi PVC-IP cu conductoare izolate de cupru						Tuburi PVC-IPE cu conductoare izolate de cupru sau aluminiu			
	Numărul conductoarelor într-un tub									
	2	3	4	5	6	7	2	3	4	
1	16/14	16/14	18/16	25/21,8	25/21,8	32/28,4	—	—	—	
1,5	16/14	16/14	18/16	25/21,8	25/21,8	32/28,4	—	—	—	
2,5	16/14	18/16	25/21,8	25/21,8	25/21,8	32/28,4	20/16,8*	20/16,8	25/21,8	
4	18/16	18/16	25/21,8	25/21,8	32/28,4	39/35,4	20/16,8*	25/21,8	25/21,8	
6	25/21,8	25/21,8	25/21,8	25/21,8	32/28,4	39/35,4	25/21,8	25/21,8	32/28,8	
10	25/21,8	25/21,8	32/28,4	32/28,4	39/35,4	—	25/21,8	32/28,8	32/28,8	
16	32/28,4	32/28,4	39/35,4	39/35,4	—	—	32/28,8	32/28,8	40/36,4	
25	32/28,4	36/35,4	—	—	—	—	40/36,4	40/36,4	40/36,4	
35	39/35,4	39/35,4	—	—	—	—	40/36,4	40/36,4	50/46	
50	39/35,4	—	—	—	—	—	50/46	50/46	50/56	
70	—	—	—	—	—	—	50/46	50/46	—	

*) Pentru trasee rectilinii până la 6 m lungime, în locuințe și construcții social-culturale se admite tubul de 16/14 mm.

Tabela 7-27. Diametrele, în mm, ale tuburilor de protecție IP, P și PVC-IP pentru conductoare izolate de aluminiu, în montaj îngropat sau aparent

Secțiunea conduc- toarelor mm ²	Tuburi I P			Tuburi P			Cuburi PVC-IP		
	Numărul conductoarelor într-un tub								
	2		4	2	3	4	2	3	4
2,5	16/13,5	16	23	14	18	18	16/14	18/16(16/14)	25/21,8
4	16	23	23	18	18	26	18/16	25/21,8	25/21,8
6	23	23	29	18	26	26	25/21,8	25/21,8	32/28,4
10	23	29	29	26	26	26	25/21,8	32/28,4	32/28,4
16	29	29	36	26	37	37	32/28,4	32/28,4	39/35,4
25	36	36	36	37	37	37	39/35,4	39/35,4	39/35,4
35	36	36	—	37	37	37	39/35,4	39/35,4	—
50	—	—	—	37	37	—	—	—	—
70	—	—	—	37	—	—	—	—	—

Notă. Diametrul între paranteze este admis pentru lungimi rectilinii până la 6 m.

Tabela 7-28. Diametrele, în mm, ale tuburilor de protecție IP, IPF și P conductoare izolate de cupru (F 500 sau similare)

Secțiunea conduc- toarelor	Tuburi IP sau IPF montaj aparent				Tuburi IP montaj îngropat			Tuburi P montaj aparent	
	Numărul conductoarelor în tub								
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
mm ²									
1	11	13,5(11)	16(13,5)	11	13,5	16	14	14	18(14)
1,5	11	13,5	16	13,5	13,5	16	14	14	18
2,5	13,5	16	23	16(13,5)	16	23	14	18	18
4	16	16	23	16	23	23	18	18	26(18)
6	23(16)	23	23	23	23	29(23)	18	26	26
10	23	23	29	23	29(23)	29	26	26	26
16	23	29	36(29)	29	29	36(29)	26	37	37
25	29	36(29)	36	36	36	36	37(26)	37	37
35	36	36	—	36	36	—	37	37	37
50	36	—	—	—	—	—	37	37	37
70	—	—	—	—	—	—	37	—	—

Notă. Diametrele înscrise între paranteze sînt admise numai pentru trasee rectilinii până la 4.

Tabela 7-29. Diametrele, în mm, ale tuburilor de protecție IPE. pentru conductoare izolate de cupru sau de aluminiu

Secțiunea conductoarelor mm ²	Conductoare de cupru						Conductoare de aluminiu		
	montaj aparent			montaj îngropat			montaj aparent sau îngropat		
	Numărul conductoarelor într-un tub								
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1,0	11	13,5 (11)	16 (13,5)	11	13,5	16	—	—	—
1,5	11	13,5	16	13,5	13,5	16	—	—	—
2,5	13,5	16	21	16	16	21	16/13,5	16	21
4	16	21 (16)	21	16	21	21	16	21	21
6	21/16	21	21	21	21	29 (21)	21	21	29
10	21	21	29	21	29 (21)	29	21	29	29
16	29	29	36 (29)	29	29	36 (29)	29	29	36
25	29	36	36	36 (29)	36	36	36	36	36
35	36	36	—	36	36	—	36	36	—

Notă. Diametrele înscrise între paranteze sînt admise pentru trasee rectilinii pînă la 4 m pentru conductoarele de cupru și pînă la 6 m pentru cele de aluminiu.

Tabela 7-30. Diametrele, în țoli, ale țevelor de oțel pentru instalații, cu conductoare izolate de cupru sau de aluminiu și cu cabluri CP, ACP sau similare

Secțiunea conductoarelor mm ²	Conductoare izolate de cupru sau aluminiu			Cabluri CP sau ACP		
	Numărul conductoarelor într-un tub					
	2	3	4	2	3	4
1	—	—	—	3/4	3/4	3/4
1,5	—	—	—	3/4	3/4	3/4
2,5	1/2	3/4	3/4	3/4	1	1
4	3/4	3/4	3/4	1	1	1
6	3/4	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4
16	1	1	1 1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2
25	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2
35	1 1/4	1 1/2	2	1 1/2	1 1/2	2
50	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2 1/2
70	2	2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2
95	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
120	2 1/2	2 1/2	3	2 1/2	2 1/2	2 1/2
150	2 1/2	3	3	2 1/2	3	3
185	2 1/2	3	3	3	3	3
240	3	—	—	—	—	—

$M_{rez\ porn}$ și $M_{rez\ nom}$ sînt cuplurile rezistente la pornire și cuplul rezistent nominal ale utilajului antrenat, raportate la axul motorului;
 M_n este cuplul nominal al motorului.

$$M_n [\text{kgfm}] = \frac{975 P_n [\text{kW}]}{n_n [\text{rot/min}]},$$

în care P_n și n_n sînt puterea și turația nominală a motorului.

2. Condiția de stabilitate. Motoarele electrice aflate în funcțiune nu trebuie să se oprească din cauza scăderii tensiunii la pornirea oricărui alt motor, condiția exprimată prin relația

$$\left(\frac{U_n - \Delta U}{U_n} \right)^2 \cdot \mu_K \geq 1,1 K_z,$$

în care: μ_K este raportul cel mai mic între cuplul maxim și cuplul nominal al motoarelor aflate în funcțiune;

$K_z = \frac{M_{rez\ real}}{M_n}$ — raportul între cuplul rezistent real și cuplul nominal pentru motoarele aflate în funcțiune în momentul pornirii cu μ_K cel mai mic.

3. Variația de tensiune. În instalațiile de iluminat variația de tensiune nu trebuie să depășească următoarele valori¹:

40% dacă se produce de cel mult zece ori pe oră;

1,50% dacă se produce mai des de zece ori pe oră.

Variația de tensiune admisă pentru iluminat nu se limitează dacă se produce cel mult o dată pe oră.

Exemplul 7-10. Un motor asincron de 100 kW care antrenează un ventilator are următoarele caracteristici:

$$U_n = 380 \text{ V}; \Delta U \text{ la pornire} = 40 \text{ V}; \frac{M_p}{M_n} = \mu_p = 1; \frac{M_{max}}{M_n} = \mu_K = 2,4.$$

Se mai cunoaște:

$$\frac{M_{rez\ porn}}{M_n} = 0,3; \quad \frac{M_{rez\ nom}}{M_n} = 0,9; \text{ pentru motorul în funcțiune } K_z = 0,95;$$

$$\left(\frac{U_n - \Delta U}{U_n} \right)^2 = \left(\frac{380 - 40}{380} \right)^2 \approx 0,8.$$

Condiția de pornire $0,8 \geq 1,1 \times 0,3 \times 0,9$ este îndeplinită.

¹ Conform prescripțiilor sovietice (Regulamentul instalațiilor electrice).

Condiția de stabilitate $0,8 \times 2,4 \geq 1,1 \times 0,95$ este de asemenea îndeplinită.

Variația de tensiune de $\frac{40}{380} \approx 10,5\%$ este admisibilă, pornirea făcându-se rar la intervale mai mari decât o oră.

VIII. CALCULUL CURENȚILOR DE SCURTCIRCUIT ÎN INSTALAȚIILE DE JOASĂ TENSIUNE

A. GENERALITĂȚI

Contactul direct sau printr-o impedanță foarte mică între două faze sau între o fază și nul constituie un scurtcircuit avînd drept rezultat producerea unui curent foarte mare, care dacă nu este întrerupt în timp scurt, poate degrada sau distruge unele elemente ale instalației electrice.

În instalațiile electrice se pot produce trei feluri de scurtcircuite, și anume:

- trifazate, între toate trei fazele;
- bifazate, între două faze;
- monofazate, între o fază și nul, sau pămînt (în cazul rețelelor cu neutrul legat la pămînt).

Efectele curenților de scurtcircuit. Curenții de scurtcircuit produc două categorii de efecte, și anume:

- termice, ducînd la încălzirea mare a înfășurărilor sau a conductoarelor, distrugerea izolației, arderea și eventual sudarea contactelor aparatelor de conectare;
- mecanice, datorite fenomenului electrodinamic al curentului, ducînd la îndoiri de bare, desfaceri de bobine etc.

Componentele curentului de scurtcircuit. Curentul de scurtcircuit I_{sc} poate fi considerat ca fiind format din două componente, una periodică I_k , corespunzătoare legii lui Ohm, pentru impedanța redusă care a produs scurtcircuitul și o altă tranzitorie aperiodică i_a , cu aspect de curent continuu, care are valoarea maximă în momentul producerii scurtcircuitului și scade repede (în 3—4 perioade) pînă la zero; la frecvențe de 50 Hz această ultimă componentă se stinge în mai puțin de 0,05 s.

Curentul de scurtcircuit permanent. Din momentul producerii scurtcircuitului, valoarea curentului de scurtcircuit scade la început destul de repede atît din cauza amortizării componentei aperiodice

cît și din cauza scăderii tensiunii la sursă. Intervenind regulatoarele automate de tensiune ale generatoarelor crește din nou tensiunea generatoarelor, și curentul de scurtcircuit crește de asemenea pînă la o valoare constantă I_{∞} , numită curent de scurtcircuit permanent. În rețelele de joasă tensiune alimentate prin transformatoare, curentul de scurtcircuit permanent se consideră egal cu componenta periodică I_k a curentului de scurtcircuit.

B. VALORILE CURENȚILOR DE SCURTCIRCUIT

1. Componenta periodică a curentului de scurtcircuit. Aceasta se calculează cu relația

$$I_k = \frac{U_k}{Z_k},$$

în care:

U_k este tensiunea de calcul pentru scurtcircuitul considerat; $U_k = \frac{U}{\sqrt{3}}$ în cazul scurtcircuitelor trifazat și monofazat; $U_k = U$, în cazul scurtcircuitului bifazat (U fiind tensiunea între faze);

$Z_k = \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2}$ — impedanța totală de calcul de scurtcircuit; în cazul scurtcircuitului trifazat se consideră impedanța unei singure faze, pe cînd la scurtcircuiturile bifazat și monofazat se ia în calcul impedanța dus și întors (două faze sau o fază și nulul).

Impedanța totală de calcul Z_k cuprinde următoarele impedanțe elementare:

- impedanța sistemului energetic sau a surselor de energie;
- impedanța transformatoarelor de putere;
- impedanța liniilor de alimentare, a barelor și coloanelor de distribuție pînă la punctul considerat;
- impedanțele aparatelor de conectare;
- impedanțele reductoarelor de intensitate sau a aparatelor de măsurat.

Din impedanța sistemului energetic se ia în calcul numai inducțanța X_s , determinată — pe baza puterii de scurtcircuit la barele de alimentare — cu relația

$$X_{S[\Omega]} = \frac{U_{[kV]}^2}{S_{K[MVA]}}.$$

Pentru valorile reactanțelor și rezistențelor aparatelor de joasă tensiune se pot lua valorile aproximative din tabela 8-1.

Tabela 8-1. Valorile aproximative, în $m\Omega$, ale rezistențelor R și reactanțelor inductive X ale aparatelor de joasă tensiune

Transformatoare de intensitate	Raportul de transformare	50/5	100/5	200/5	300/5	400/5	600/5
	X R	2,8 3,0	0,7 0,75	0,17 0,19	0,08 0,05	0,04 0,05	0,02 0,02
Înterupătoare cu pîrghie	$I_{nom[A]}$	60	100	200	400	600	1 000
	R	—	0,5	0,4	0,2	0,15	0,08
Înterupătoare automate (pentru aceleași valori ale lui I_{nom} [A])	X	2,7	0,88	0,28	0,1	0,094	—
	R	5,5	1,30	0,36	0,15	0,12	—

Valoarea rezistențelor se poate neglija cînd valoarea lor totală este mai mică decît o treime din valoarea reactanței totale.

La calcule aproximative, pentru liniile aeriene de joasă tensiune se poate considera (ca valori aproximative) reactanța egală cu $0,3 \Omega/\text{km}$ la joasă tensiune și $0,4 \Omega/\text{km}$ la înaltă tensiune, iar la cabluri electrice subterane $0,06 \Omega/\text{km}$ la joasă tensiune și $0,08 \Omega/\text{km}$ la înaltă tensiune.

În instalațiile de joasă tensiune se ia în considerație curentul de scurtcircuit trifazat, care în acest caz este mai mare decît curentul de scurtcircuit bifazat, folosindu-se relația puterii de scurtcircuit

$$S_k = \sqrt{3} U I_k = \sqrt{3} U \cdot \frac{U}{\sqrt{3} Z} = \frac{U^2}{Z}; \quad S_{k[MVA]} = \frac{U_{[kV]}^2}{Z_{[\Omega]}}.$$

Valoarea curentului de șoc I_σ . În condițiile cele mai dezavantajoase (scurtcircuit în apropierea transformatoarelor de 400—1 600 kVA), curentul de șoc este

$$I_\sigma = 2,1 I_k;$$

în cazul alimentării de la transformatoare mai mici se ia

$$I_\sigma = 1,7 I_k.$$

La aceste valori se adaugă componența curentului de șoc produs de motoarele sincrone și asincrone de joasă tensiune aflate în imediata apropiere a punctului de scurtcircuit cu relația

$$I_{\varphi m} = 6,5 I_n,$$

în care I_n este curentul nominal al motoarelor.

Exemplul 8-1. Se cere să se calculeze curentul de scurtcircuit în punctul A al rețelei din fig. 8-1.

Se ia drept tensiune de bază $U_b = 0,4$ kV. Nivelul puterii de scurtcircuit S_k la bara de 6 kV este de 100 MVA (valoare indicată de întreprinderea regională de electricitate).

Determinarea reactanțelor:

$$X_1 = X_s = \frac{U_b^2}{S_K} = \frac{0,4^2}{100} = 0,0016 \Omega$$

$$X_2 = X_l = X_0 l \left(\frac{U_b}{U_r} \right)^2 = 0,03 \times 0,5 \times \frac{0,4^2}{6^2} = 0,000178 \Omega$$

$$X_3 = X_{tr} = 10 (U_{sc\%}) \frac{U_b^2}{S_T} = 10 \times 6 \frac{0,4^2}{400} = 0,024 \Omega$$

$$X_4 = 0,00028 \Omega \text{ (din tabela 8-1)}$$

$$X_5 = X_n l \left(\frac{U_b}{U_r} \right)^2 = 0,07 \times 0,1 \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 = 0,007 \Omega$$

$$X_0 \approx 0 \text{ (neglijabil)}$$

$$\Sigma X = 0,0016 + 0,000178 + 0,00028 + 0,024 + 0,007 \approx 0,033.$$

Determinarea rezistențelor:

$$R_s \approx 0$$

$$R_2 = \frac{\rho l}{S} \left(\frac{U_b}{U_r} \right)^2 = \frac{500}{32 \times 95} \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 = 0,000722 \Omega$$

$$R_3 = R_{tr} = 1000 \frac{\Delta p_{Cu[kw]} U_{[kV]}^2}{S_{n[kVA]}^2} = 1000 \frac{8,3 \times 0,4^2}{400^2} = 0,0083 \Omega$$

$$R_4 = 0,00036 \Omega \text{ (din tabela p. 8-1)}$$

$$R_5 = \frac{\rho l}{S} \left(\frac{U_b}{U_r} \right)^2 = \frac{100}{32 \times 95} \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 = 0,033 \Omega$$

$$R_6 = 0,0004 \Omega \text{ (din tabela 8-1)}$$

$$\Sigma R = 0,000722 + 0,0083 + 0,00036 + 0,033 + 0,0004 \approx 0,0428 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{(\Sigma X)^2 + (\Sigma R)^2} = \sqrt{0,033^2 + 0,0428^2} = 0,054 \Omega.$$

Componenta periodică a curentului de scurtcircuit la timpul $t=0$ este

$$I_k = \frac{U}{\sqrt{3} Z_k} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 0,054} = 4\,280 \text{ A} = 4,28 \text{ kA}.$$

Curentul de șoc:

$$I_{\sigma} = 2,1 \quad I_k = 4\,280 \times 2,1 = 8\,990 \text{ A}.$$

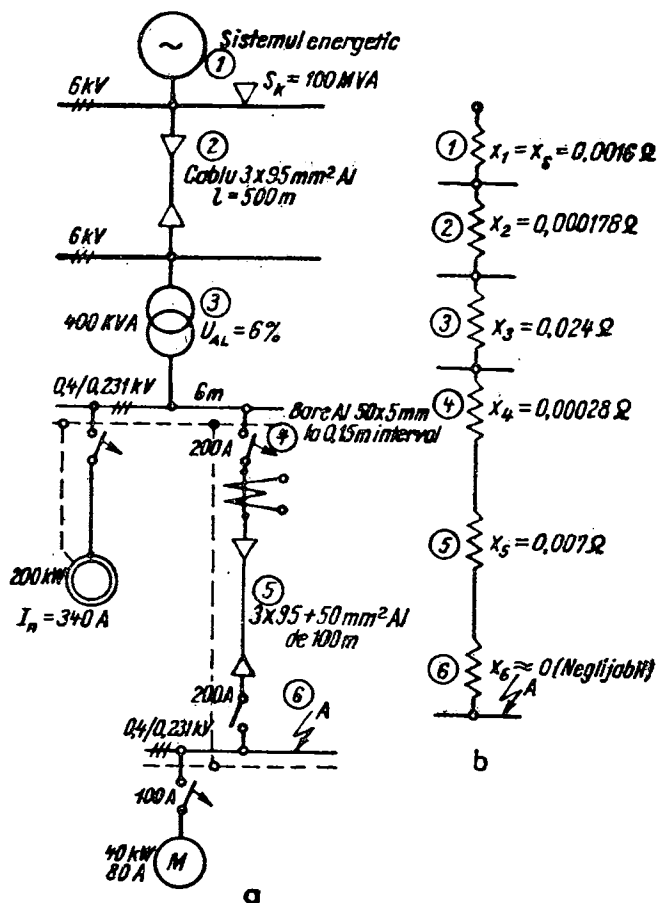


Fig. 8-1. La exemplul 8-1:

a — schema de detaliu; b — schema simplificată.

Adăugându-se aportul motorului de 40 kW conectat la aceleași bare (6,5 I_{nom}),

$$I_{k\ total}=8\ 890+6,5\times 80=9\ 410\ A.$$

Aportul motorului de 200 kW care nu este conectat în imediata apropiere a punctului de scurtcircuit se neglijează.

C. VERIFICAREA LA SCURTCIRCUIT

1. **Verificarea la stabilitatea termică.** Condiția de stabilitate termică este dată de relația

$$I_{sc1}^2 \cdot 1 \geq I_{\infty}^2 \cdot t_f$$

sau, pentru instalațiile de joasă tensiune,

$$I_{sc1}^2 \cdot 1 \geq I_k^2 \cdot t_k \text{ deci } I_k \leq \frac{I_{sc1}}{\sqrt{t_k}}.$$

în care: I_{sc1} este valoarea eficace constantă a curentului de scurtcircuit care poate fi suportată de aparat sau de conductor timp de 1 s;

$I_k \approx I_{\infty}$ — valoarea eficace a componentei periodice a curentului de scurtcircuit, considerată aceeași pe toată durata scurtcircuitului;

t_k — timpul de la apariția scurtcircuitului până la întreruperea lui; $t_k \approx t_f$ (timpul fictiv, adică timpul convențional în care curentul permanent de scurtcircuit I_{∞} provoacă aceeași încălzire ca și curentul efectiv de scurtcircuit în timpul real t_k cât durează scurtcircuitul).

Timpul de întrerupere se ia egal cu timpul de reglaj al protecției plus timpul de funcționare al întrerupătorului automat.

Verificarea aparatelor. Stabilitatea termică a aparatelor este caracterizată, în datele din cataloage, prin curentul maxim pe care-l pot suporta în timp de o secundă (I_{sc1}) sau prin pătratul acestui curent.

Pentru întrerupătoarele automate se indică de cele mai multe ori valoarea curentului maxim de declanșare $I_{max.\ decl.}$, pe care-l poate întrerupe în caz de scurtcircuit. Cum timpul de întrerupere t_k al scurtcircuitelor prin relele electromagnetice este în general de or-

dinul 0,05—0,1 s, se poate considera că întrerupătorul automat prezintă o stabilitate termică suficientă dacă se îndeplinesc condițiile

$$I_{max. decl.} > I_k \text{ și } I_k \leq \frac{I_{sc.1}}{\sqrt{0,1}} = \frac{I_{sc.1}}{0,316} = 3,16 I_{sc.1}.$$

Pentru transformatoarele de intensitate $I_{sc.1}$ se dă în multipli ai curentului nominal în înfășurarea primară; de exemplu,

$$I_{sc.1} = 60 I_{1n}.$$

Pentru intervale de timp t_k diferite de o secundă (cuprinse între 0,5 și 5 s), curentul limită din punct de vedere termic se află cu relația de mai înainte:

$$I_k \leq \frac{I_{sc.1}}{\sqrt{t_k}}.$$

De exemplu, un transformator de intensitate de 300/5 A poate suporta timp de o secundă un curent $I_{sc.1} = 60 I_n = 60 \times 300 = 18\,000$ A; în timp de 0,5 s, curentul maxim ce-l va putea suporta va fi

$$I_{k0,5} = \frac{18\,000}{\sqrt{0,5}} = 25\,500 \text{ A}.$$

Potrivit prescripțiilor nr. 7-61 ale M.E.E., creșterile maxime de temperatură admise în caz de scurtcircuit, peste temperatura de funcționare în regim normal, au următoarele valori, în °C:

— pentru bare de cupru	250
— pentru bare de aluminiu	150
— pentru bare de oțel (în legătură directă cu aparatele)	250
— pentru bare de oțel legate la aparate prin conductoare de aluminiu sau de cupru	350
— pentru cabluri cu conductoare de cupru și izolație de hirtie	200
— idem, cu conductoare de aluminiu	150
— pentru cabluri și conductoare cu izolație de cauciuc	150

Verificarea secțiunii S a conductoarelor electrice se face cu relația

$$S_{[mm^2]} \geq I_k [A] \frac{\sqrt{t_k [s]}}{C},$$

în care: $C=160$ pentru cabluri de cupru } cu izolație
 $C=95$ pentru cabluri de aluminiu } de hîrtie
 $C=145$ pentru cabluri de cupru } de 1 kV, cu izo-
 $C=98$ pentru cabluri de aluminiu } lație de cauciuc
 $C=175$ pentru bare de cupru
 $C=96$ pentru bare de aluminiu
 $C=65$ pentru bare de oțel.

De exemplu un cablu ACHPBI, care este supus unui curent de scurt-circuit de 9 000 A timp de 1,5 s trebuie să aibă secțiunea

$$S \geq 9\,000 \frac{\sqrt{1,5}}{95} = 116 \text{ mm}^2 \approx 120 \text{ mm}^2.$$

2. Verificarea la stabilitatea dinamică. Această verificare se face pe baza curentului de șoc.

Pentru aparate se indică în cataloage curentul maxim de șoc pe care-l suportă fiecare tip de aparat, din punct de vedere al rezistenței mecanice.

Pentru instalațiile de bare conductoare se verifică rezistența mecanică a barelor la încovoierea pe care tind s-o producă eforturile de respingere sau de apropiere între bare.

Rezistența maximă admisibilă σ_{max} (în kgf/cm²) în materialul barelor conductoare la solicitări dinamice nu trebuie să depășească valorile următoare:

— pentru cupru	1 400
— pentru oțel	1 600
— pentru aluminiu moale	700
— idem, tare	900

Valoarea rezistenței maxime la solicitarea curenților de scurt-circuit în cazul a trei bare paralele așezate în același plan este dată de relația

$$\sigma_f [\text{kgf/cm}^2] = \frac{1,76 i_s^2 [\text{kA}]^2 \text{cm}}{1\,000 a_{[\text{cm}]} W_{[\text{cm}^2]}},$$

în care: i_s este curentul de șoc printr-o fază;

l — distanța maximă între două suporturi consecutive ale aceleiași bare;

a — distanța între axele a două bare vecine paralele;

W — modulul de rezistență al barei a cărei valoare este indicată în fig. 8-2.

În cazul cînd fiecare fază este formată dintr-un fascicul de două bare, la solicitarea produsă de acțiunea între faze se adaugă cea suplimentară σ_s , produsă de acțiunea între barele din același fascicul.

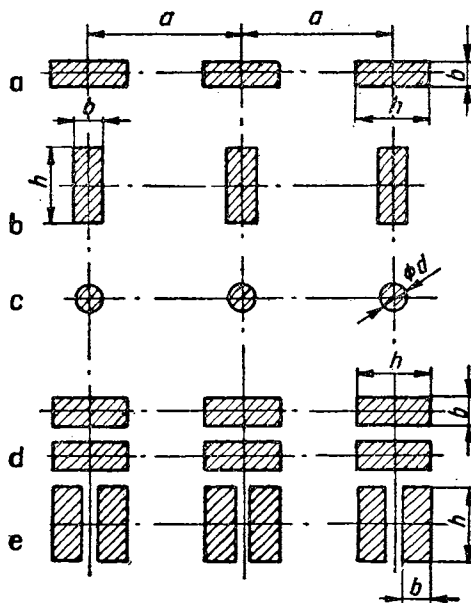


Fig. 8-2. Determinarea modului de rezistență W [cm³] al barelor:

$$a-W=0,167bh^2; \quad b-W=0,167hb^2; \quad c-W=0,1d^3; \\ d-W=0,33bh^2; \quad e-W=1,44hb^2.$$

cul. Considerînd intervalul între două bare ale fasciculului egal cu grosimea unei bare, efortul suplimentar este dat de relația

$$\sigma_s = \frac{1,28 l_b^2 i_s^2 [cm]^2 [kA]^2 K_f}{1000 b_{[cm]}^3 h_{[cm]}}$$

în care: i_s este curentul de șoc total al fasciculului;

l_b — distanța dintre piesele intermediare de solidarizare a barelor din fascicul;

b și h sînt grosimea și respectiv lățimea barelor;

K_f este un coeficient de formă, a cărui valoare se ia din diagrama dată în fig. 8-3, în funcție de raporturile $\frac{b}{h}$ și $\frac{a-b}{b+h}$ (a fiind distanța între axele barelor din același fascicul).

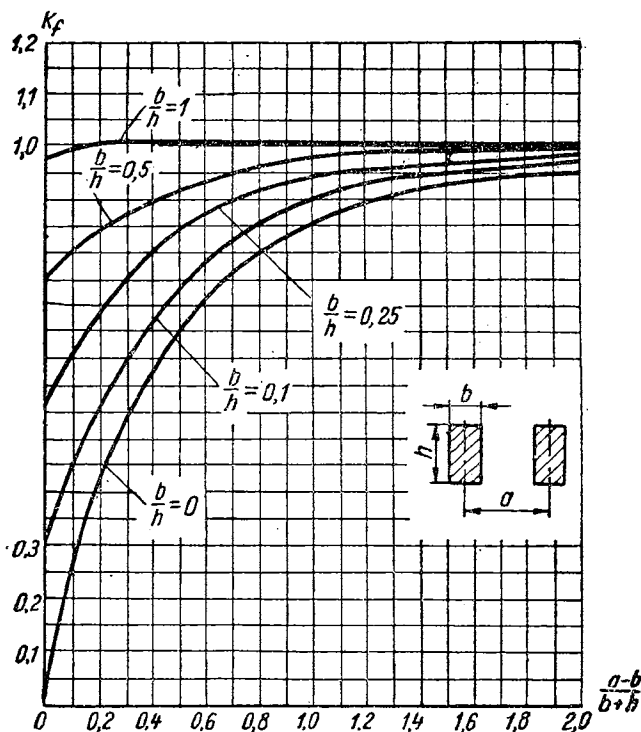


Fig. 8-3. Diagramă pentru valoarea coeficientului de formă K_f .

Exemplul 8-2. O instalație de bare colectoare are la fiecare fază un fascicul format din două bare de aluminiu de 60×8 mm. Distanța între izolatoare este $l=90$ cm, iar distanța între piesele intermediare de solidarizare a barelor din fascicul este $l_b=40$ cm. Distanța între axele fasciculelor $=17,5$ cm. Curentul de scurtcircuit de șoc este $i_s=15\,000$ A.

Barele sînt așezate pe muchie.

Modulul de rezistență este:

$$W = \frac{2hb^2}{6} = \frac{2 \times 6 \times 0,8^2}{6} = 1,28 \text{ cm}^3.$$

Componenta efortului care ia naștere în bare, datorită interacțiunii între faze, este

$$\sigma_f = \frac{1,76 i_s l^2}{1000 a W} = \frac{1,76 \times 15^2 \times 90^2}{1000 \times 17,5 \times 1,28} = 142 \text{ kg/cm}^2.$$

Componenta produsă de interacțiunea între cele două bare ale aceluiași fascicul este

$$\sigma_b = \frac{1,28 l_b^2 i_s^2 K_f}{1000 b^3 h} = \frac{1,28 \times 40^2 \times 15^2 K_f}{1000 \times 0,8^3 \times 6} \approx 150 K_f.$$

$$\text{Raportul } \frac{b}{h} = \frac{8}{60} = 0,133, \text{ iar}$$

raportul $\frac{a-b}{b+h} = \frac{16-8}{8+60} = \frac{8}{68} \approx 0,118$; din diagramă (v. fig. 8-3) rezultă $K_f \approx 0,57$, deci

$$\sigma_b = 150 \times 0,57 \approx 86 \text{ kgf/cm}^2.$$

Efortul total este

$$\sigma = \sigma_f + \sigma_b = 195 + 86 = 281 \text{ kgf/cm}^2, \text{ adică admisibil } (\sigma < 700 \text{ kgf/cm}^2).$$

Verificarea izolatoarelor de susținere se face pentru a controla că efortul la care sînt supuse nu depășește 60% din rezistența la rupere F_r a izolatoarelor. Această verificare se face cu relația dată mai înainte:

$$F_{[\text{kgf}]} = 1,76 \frac{l_{[\text{cm}]}^2 i_s^2 [kA]}{100 a_{[\text{cm}]}} \leq 0,6 F_r.$$

În cazul exemplului precedent,

$$F = 1,76 \frac{90 \times 15^2}{100 \times 17,5} = 20,4 \text{ kgf}.$$

Se pot folosi izolatoare tip SA 1, care au rezistență la rupere de 375 kgf, sau alt tip cu o rezistență mai mică.

3. Verificarea la rezonanță mecanică. Frecvența proprie de oscilație mecanică f_m a barelor trebuie să difere cu cel puțin 10% de frecvența rețelei sau de dublul acestei frecvențe.

Valoarea frecvenței de oscilație mecanică a barelor este dată de relația:

$$f_m [\text{Hz}] = \frac{112}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{G}},$$

în care: E este modulul de elasticitate al materialului barelor, în kgf/cm^2 ($E=1\,250\,000\text{ kgf/cm}^2$ pentru cupru; $E=720\,000\text{ kgf/cm}^2$ pentru aluminiu și $E=2\,100\,000\text{ kgf/cm}^2$ pentru oțel);

I — momentul de inerție al secțiunii barei, în cm^4 ; valorile lui sint:

$$I_{[\text{cm}^4]} = \frac{h_{[\text{cm}]} b_{[\text{cm}]}^3}{12} \text{ pentru bare dreptunghiulare și}$$

$$I = \frac{d_{[\text{cm}]}^4}{20} \text{ pentru bare cu secțiune rotundă;}$$

d — diametrul barei;

l — lungimea liberă a barei între două suporturi, în cm ;

G — greutatea barei, în kg/cm .

IX. INSTALAȚII ELECTRICE DE FORȚĂ

A. GENERALITĂȚI

După cum s-a arătat și mai înainte, instalațiile electrice de forță cuprind în general totalitatea instalațiilor de distribuție pentru receptoarele electrice de toate categoriile, cu excepția celor de iluminat.

În cadrul instalațiilor electrice de forță, pe lângă tablourile și coloanele de distribuție intră și aparatele de comandă, comutare, protecție, măsurat și semnalizare aferente utilajelor electrice respective (motoare, cuptoare, instalații de galvanizare și de acoperiri metalice etc.) ca și echipamentele auxiliare, cum sînt redresoarele, convertizoarele de curenți de înaltă frecvență etc.

1. Folosirea aparatelor de comutare, protecție și semnalizare. Pentru punerea în funcțiune, schimbarea regimului de funcționare și oprirea utilajelor, ca și pentru protecția lor contra suprasarcinilor, a scurtcircuitelor și altor feluri de avarii, la fiecare utilaj se instalează,

după caz, aparate de întrerupere, de comutare, protecție și semnalizare. Pentru coloanele de alimentare a tablourilor de distribuție se pot folosi întrerupătoare manuale și siguranțe fuzibile. Pentru comanda și protecția utilajelor, cele mai des utilizate sînt întrerupătoare automate.

Pentru utilaje cu conectări dese sau pentru intensități mici, în locul întrerupătoarelor automate se pot utiliza și contactoare cu blocuri de relee termice, protecția la scurtcircuit făcîndu-se prin siguranțe fuzibile. Această soluție se aplică și în cazurile în care curenții de scurtcircuit în punctul de instalare a întrerupătoarelor automate depășesc capacitatea de întrerupere a acestora.

Pentru protecția instalațiilor de distribuție se vor prevedea siguranțe fuzibile în următoarele puncte:

- la intrarea racordului din rețeaua publică în tablourile de distribuție cu cel puțin cinci circuite;

- la plecarea din tablou a circuitelor, cu excepția celor protejate prin întrerupătoare automate cu capacitate de întrerupere suficientă;

- la derivații cu secțiune mai mică din magistrale, în cazul cînd protecția de la începutul magistralei nu este satisfăcătoare și pentru secțiunea mai redusă a derivației; siguranțele pentru derivații, în cazul cînd sînt necesare, se pot instala:

- la punctul de derivație sau pînă la 5 m de acesta;

- pînă la 30 m de punctul de derivație cînd acesta se găsește în locuri greu accesibile, iar capacitatea de încărcare a derivației este cel puțin 10% din cea a magistralei.

Pentru ușurința exploatării, pornirea și oprirea utilajelor, schimbările de viteze și de sens se fac de obicei prin comanda cu butoane instalate pe tabloul de comandă al mașinii. Urmărirea funcționării se face prin lămpi de semnalizare (de exemplu lămpi roșii pentru utilaj în funcțiune, lămpi verzi pentru utilaj oprit). Avariile se semnalizează optic (prin relee de semnalizare sau lămpi de semnalizare, de obicei de culoare galbenă) și acustic (prin hupă sau sonerie).

2. Condiții de racordare la rețea a unor receptoare cu curenți mari de pornire. În cazul instalațiilor legate direct de rețeaua publică, pentru micșorarea curenților de pornire, la motoarele asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit cu puteri de peste 3 kW pînă la 10 kW în cazul tensiunii de 220 V între faze și cu puteri de peste 5,5 kW pînă la 14 kW la tensiunea de 380 V, pornirea trebuie făcută cu comutatoare stea triunghi (acest mod de pornire se poate aplica numai în cazul utilajelor care necesită la pornire un cuplu care nu depășește 45% din cuplul nominal al motorului).

Pentru utilaje cu cuplu de pornire mare, cum și pentru puteri mai mari racordate la rețeaua publică se folosesc motoare cu rotorul bobinat, la care pornirea se face prin reostat. În anumite cazuri se pot utiliza autotransformatoare sau reactante (bobine) de pornire (la motoare mari cu pornire la sarcină redusă).

În cazul instalațiilor alimentate din transformatoare proprii ale întreprinderilor, se pot conecta direct la rețea motoarele cu rotorul în scurtcircuit cu puterea pînă la 30% din puterea transformatoarelor racordate în paralel în cazul pornirilor rare (mai puțin de 30 porniri pe oră) și pînă la 20% la porniri mai dese. În cazul alimentării din centrale proprii, această putere se limitează la cel mult 10—12% din puterea generatoarelor care funcționează în paralel.

B. PLANUL ȘI SCHEMA ELECTRICĂ

A UNEI INSTALAȚII ELECTRICE DE FORȚĂ

Planul instalației de forță se întocmește de obicei la scara 1 : 100 sau 1 : 50. Pe plan se indică poziția utilajelor cu indicarea punctului de racordare și puterile nominale ale receptoarelor electrice la fiecare utilaj în parte, amplasarea tablourilor de distribuție și a prizelor de forță, precum și traseele coloanelor electrice și compunerea acestora.

În cazul distribuției prin circuite radiale, tablourile se amplasează astfel încît circuitele la receptoarele depărtate de perete să poată fi îngropate în pardoseală, pe lungimi de cel mult 10 m și pe cît posibil în linie dreaptă sau cu un cot de cel puțin 160°.

Se va evita folosirea de canale cu excepția cazurilor cînd distribuția se face în cabluri (în medii corosive, umede etc.).

Coloanele vor fi amplasate astfel încît să ajungă la utilaj cît mai aproape de cutia de racord electric a utilajului.

Printr-o coloană se pot alimenta mai multe utilaje, a căror putere însumată este indicat să nu depășească 10 kW; în acest caz trebuie să se asigure însă protecția fiecărui utilaj în parte prin aparate instalate la ele.

Pe plan se trasează de asemenea coloanele de racord și cele de alimentare a tablourilor de distribuție. Acestea pot fi legate în derivație pe o magistrală sau pot fi alimentate în cascadă (de evitat formarea a mai mult de două trepte la alimentarea în cascadă).

În cazul alimentării utilajelor direct de la o magistrală, prin distribuție aeriană se va indica pe plan traseul magistralei și derivațiile la receptoare.

Tablourile de distribuție și magistralele se notează prin indicative (de ex. TF_1 , TF_2 , respectiv M_1 , M_2 etc.).

Compunerea fiecărei coloane (felul, secțiunile și numărul conductoarelor etc.) ca și modul de pozare se indică direct pentru fiecare coloană în parte sau prin referire la un jurnal de coloane, dat pe același plan sau separat.

La alimentarea mai multor tablouri legate în derivație pe o coloană nu este necesar a se instala siguranțe fuzibile la punctul de derivație dacă siguranțele de la plecarea coloanei protejează și secțiunile mai mici ale derivațiilor (valoarea nominală a siguranței să nu depășească de trei ori curentul admisibil în derivație, sau curentul de acționare al releelor electromagnetice să nu depășească de 4,5 ori curentul admisibil în derivație).

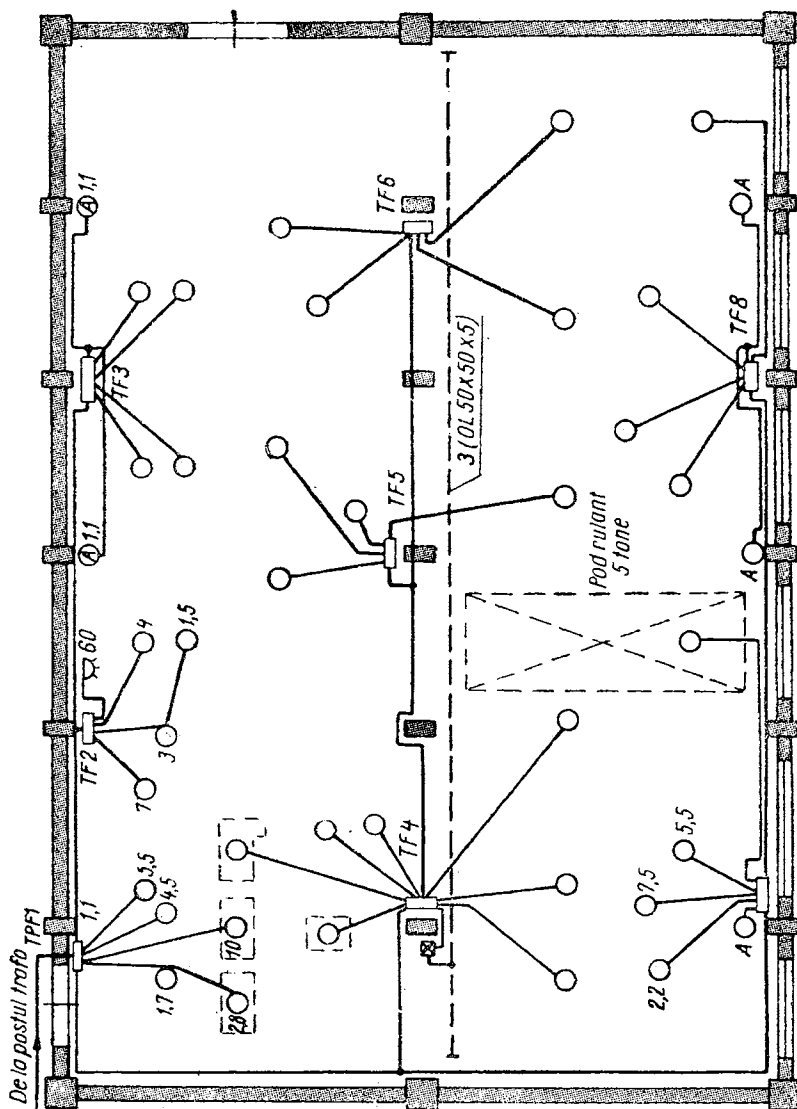
Schema instalației de forță este în general unifilară și trebuie să cuprindă organizarea și dotarea tuturor tablourilor de distribuție de forță și coloanele de alimentare și de distribuție, cu caracteristicile coloanelor și aparatelor din tablou sau instalate pe coloane.

Coloanele electrice pentru alimentarea iluminatului de siguranță, a pompelor de incendiu și a ascensoarelor vor fi legate înaintea întrerupătorului general sau în lipsa acestuia direct la bornele de intrare ale tabloului.

În fig. 9-1 și 9-2 se dă un exemplu de plan de instalație și de schemă electrică de forță (completate parțial).

C. COMENZI LA DISTANȚĂ, BLOCAJE ȘI COMENZI AUTOMATE

1. **Comenzi la distanță.** Comenzile la distanță a contactoarelor și întrerupătoarelor automate se realizează în mod obișnuit prin butoane de comandă, conectate ca în schema din fig. 9-3 în care se arată legăturile necesare pentru comanda de pornire din două puncte și de oprire din trei puncte; se observă că butoanele de pornire P_1 , P_2 sînt în paralel cu contactul auxiliar de reținere C , al contactorului, iar butoanele de oprire sînt în serie. Siguranțele S sînt necesare numai dacă intensitatea nominală a siguranțelor care protejează coloana de alimentare a motorului este mai mare decît de trei ori curentul maxim admisibil în conductoarele instalației de comandă la distanță.



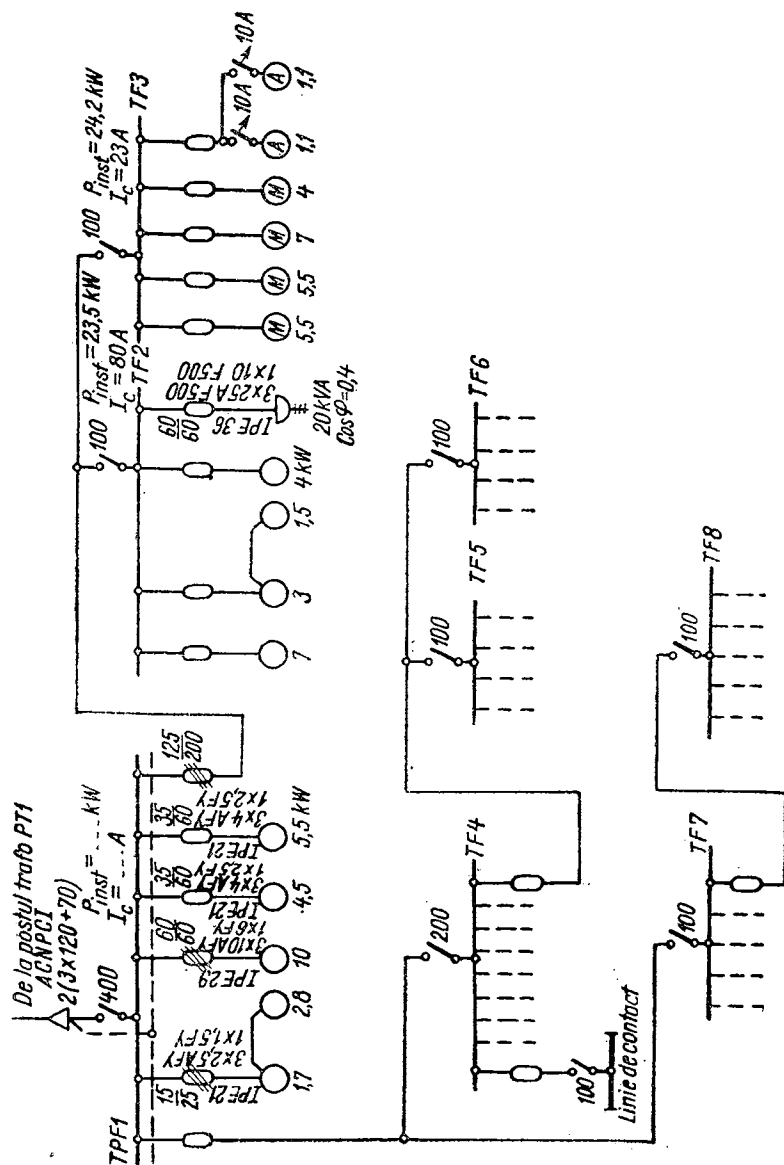


Fig. 9-2. Schema instalației de forță într-un atelier (completată parțial).

2. Interblocări. În cazul cînd funcționarea unor receptoare trebuie să nu aibă loc decît dacă sînt îndeplinite anumite condiții, se folosesc scheme cu blocări. Astfel de condiții pot fi:

- funcționarea sau nefuncționarea altor utilaje;
- existența unui nivel minim de apă etc.;
- existența unei presiuni minime de ulei, de gaz etc.;
- temperatura într-un spațiu controlat să nu depășească anumite limite etc.

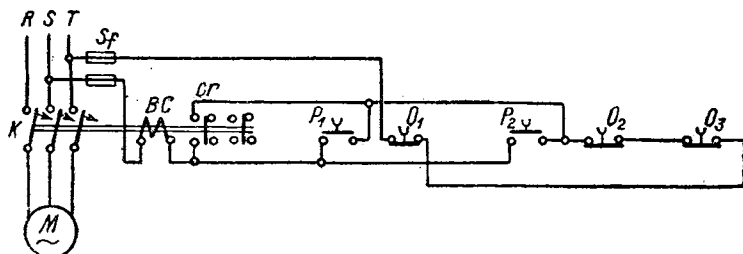


Fig. 9-3. Schema unui motor electric cu comandă la distanță prin butoane:

K — contactor automat; BC — bobină (electromagnet) de comandă.

Toate condițiile puse pentru pornirea unui utilaj se traduc în practică prin contacte electrice legate în serie cu circuitul de comandă, de exemplu: contactele auxiliare normal deschise sau normal închise ale unor contactoare, contactul unui releu de nivel, al unui presostat, al unui termometru cu contact etc.

În fig. 9-4 se arată o schemă pentru pornirea unui agregat, condiționat de funcționarea unui ventilator și de scăderea temperaturii într-un punct de control. Cheia de comandă CC are trei poziții:

- poziția 1, pentru comanda cu blocaje (contactul cheii de comandă este în serie cu O_1 închis);
- poziția 2, întrerupt;
- poziția 3, pentru comanda fără blocaje (pentru încercări, revizii etc., la care contactul în serie cu P_2 este închis).

În cazul unei instalații cu transport și prelucrare de materiale în flux este necesară pornirea utilajelor într-o ordine corespunzătoare.

În fig. 9-5 se dă schema de principiu desfășurată pentru o instalație cu trei utilaje cu pornire în lanț, în ordinea $1K$, $2K$, $3K$. Cu ajutorul cheii CC se pot alege două poziții de funcționare: blocată sau individuală.

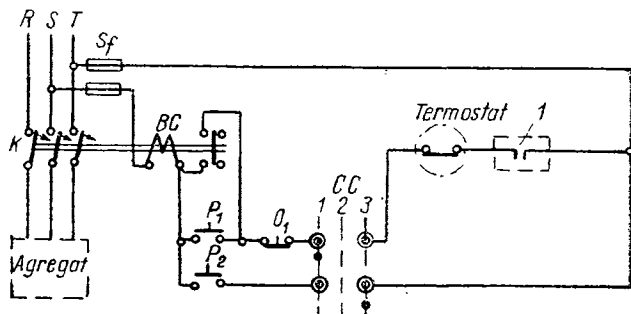


Fig. 9-4. Schema electrică pentru conectarea condiționată a unui agregat (cu interblocări):

1 — contact auxiliar normal deschis la Întrerupătorul automat al motorului ventilatorului.

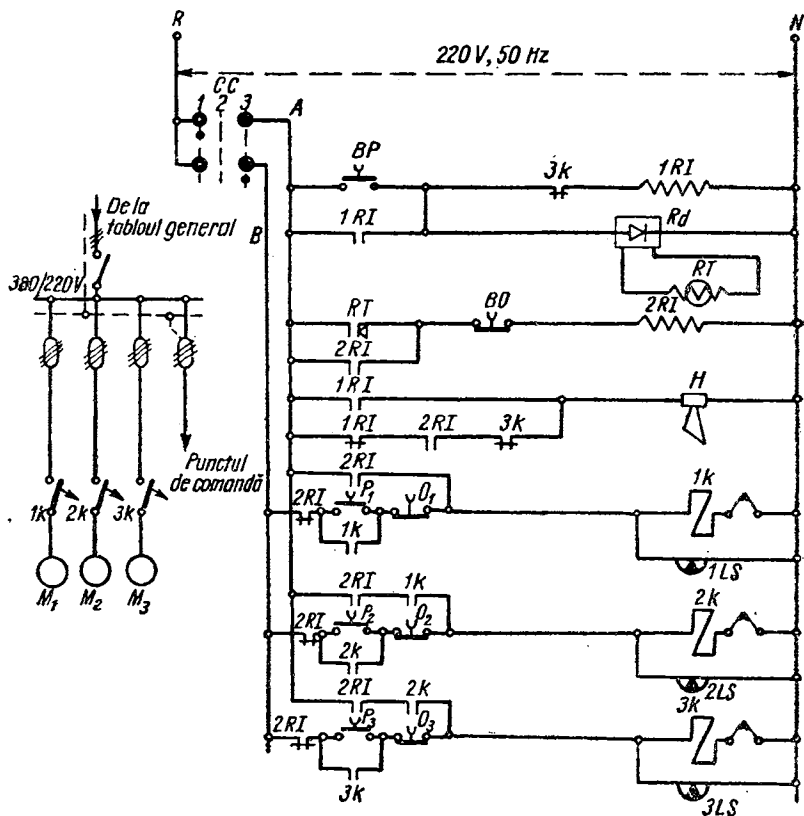


Fig. 9-5. Schema unei instalații cu pornire în lanț și semnalizare preventivă.

La poziția 1, pentru funcționare blocată (cu pornire în lanț); după apăsarea pe butonul *BP*, releul *1RI* se comută și se reține, hupa *H* începe să sune iar releul de timp *RT* funcționează; după timpul stabilit, se închide contactul releului de timp și se atrage releul *2RI*, care se reține; contactele releului *2RI* alimentează bobina de anclanșare a contactorului *1K* și întrerup legătura cu bara *B* de alimentare a grupelor de butoane de comandă individuală; se conectează pe rând și contactoarele *2K* și *3K*, după care releul *1RI* trece în poziția de repaus, iar hupa încetează să sune; dacă unul din utilaje se deconectează, hupa sună din nou.

La poziția 2, pentru funcționarea individuală, comanda de pornire și oprire se dă prin butoane prevăzute în schemă pentru fiecare utilaj în parte. Pentru oprire se apasă *BO*.

3. Automatizarea funcționării stațiilor de pompare. Comanda automată a intrării în funcțiune a pompelor se face astfel:

— în funcție de nivelul din rezervoare, prin relee de nivel:

— în funcție de presiunea din rețeaua de apă (cazul instalațiilor de hidrofoare) prin presostate sau manometre cu contact.

În fig. 9-6 se indică o schemă de automatizare pentru trei pompe, două fiind în exploatare normală și una de rezervă.

Comutarea și protecția se fac prin contactoare automate *DITU* sau *DITA*, iar comanda se dă prin două relee de nivel sau două presostate. Instalația cuprinde și trei comutatoare pachet, pentru fiecare pompă câte unul, cu patru poziții, pentru alegerea modului de funcționare: pe primul sau pe al doilea releu de nivel (poziția 1 și 4), pe acționare manuală prin butoane (poziția 2) sau pe repaus (poziția 3). La acționarea prin al doilea releu de nivel (*2RN*) s-a prevăzut o alarmare prin sonerie care poate fi oprită prin apăsarea pe butonul *B₄*.

Funcționarea pompelor este semnalizată prin lămpile de semnalizare roșii (*LSR*), iar oprirea lor, în caz de avarie, la comanda prin releele de nivel sau presostate, — prin cele galbene (*LSG*).

În unele cazuri este necesar a se semnaliza și acustic funcționarea pompei pe al doilea releu de nivel sau presostat. Oprirea soneriei *S* se face prin apăsarea butonului *B₄*. Revenirea în poziție de repaus a releului *RI* se face la întreruperea contactului releului de nivel respectiv (*2RN*).

4. Anclanșarea automată a alimentării de rezervă. Anclanșarea automată a alimentării de rezervă (*A.A.R.*) se face după diferite scheme.

În fig. 9-7 se dă o astfel de schemă pentru o instalație simplă.

La alimentarea normală releul RI este acționat și contactul său normal deschis închide circuitul de comandă al contactorului K_1 , care se anlanșează.

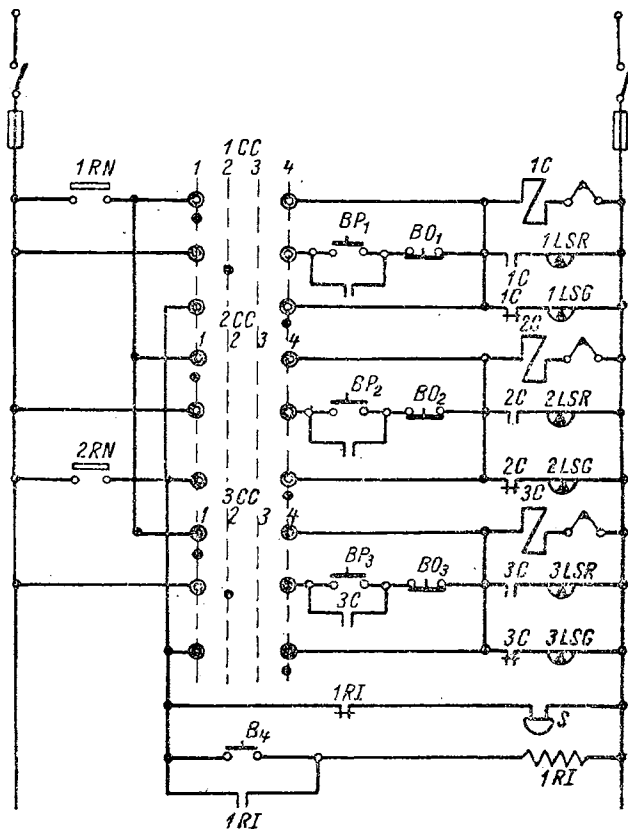


Fig. 9-6. Schema de comandă a unei stații de pompare cu trei pompe și două rele de nivel sau două presortate.

Poziția cheilor de comandă CC_1 , CC_2 , CC_3 :

- 1 — comandă prin releul de nivel 1; 2 — comandă prin butoane pentru revizie; 3 — întrerup; 4 — comandă prin releul de nivel 2.

La dispariția tensiunii pe alimentarea normală, contactorul K_1 se deschide și releul RI trece în poziția de repaus (ca în figură), închizându-se astfel circuitul bobinei de anclanșare a contactorului K_2 .

La reapariția tensiunii pe coloana de alimentare normală, releul RI este din nou acționat, provoacă deschiderea contactorului K_2

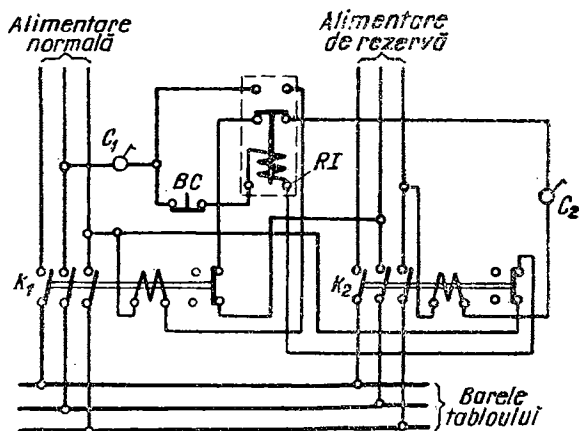


Fig. 9-7. Schema A.A.R. pentru un tablou simplu.

și închiderea contactorului K_1 . Întrerupătoare monopolare C_1 și C_2 se închid în ordinea C_1-C_2 la punerea în funcțiune a schemei. Butonul BC servește pentru controlul funcționării.

D. LINII DE CONTACT PENTRU PODURI (GRINZI) RULANTE ȘI ELECTROPALANE

1. **Poduri rulante.** Acestea pot fi alimentate astfel:

— prin linii de contact formate din oțel profilat, oțel cornier sau șine de cale ferată înguste sau normale (fig. 9-8), având distanța între suporturi de 2,5—3 m;

— prin linii de contact formate din conductoare rotunde de oțel sau de cupru neizolate fie cu fixare la capete și rezemare liberă pe suporturi intermediare (fig. 9-9), fie cu fixare atât la capete cât și la suporturile intermediare, distanța între reazeme putînd fi de 6—9 m (fig. 9-10);

— prin cabluri flexibile cu puncte multiple de suspensie mobile pe grinda de rulare (fig. 9-11).

Tipul obișnuit de linie de contact este cel din oțel profilat, suportii fiind fixați pe grinzile de rulare (conform STAS 6773-63).

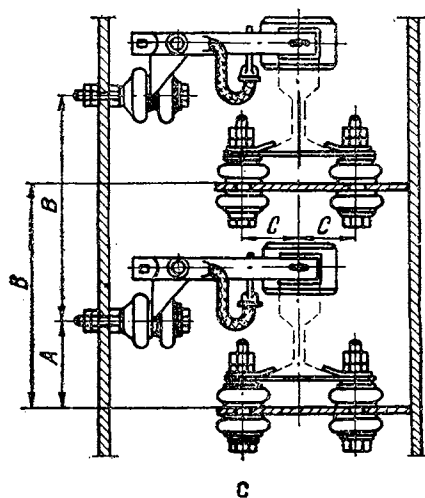
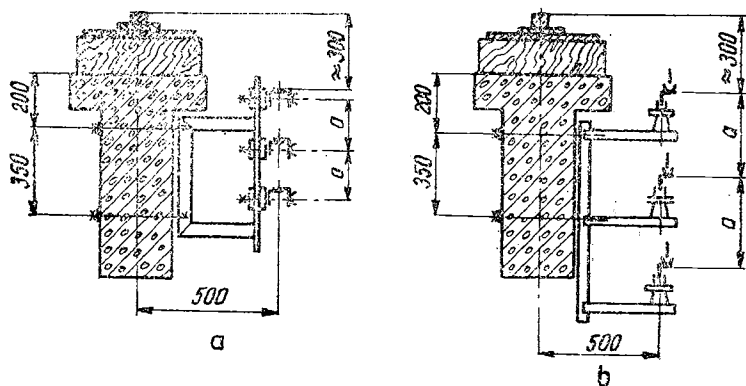


Fig. 9-8. Linia de contact formată din profile de oțel:
a — din profil L cu culegător flexibil cu rolă; *b* — idem, și culegător cu sabot; *c* — din șină de cale ferată.

Linile de contact cu conductoare rotunde se folosesc în cazurile în care este dificilă fixarea suporturilor intermediare la intervale de 2,5—3 m.

Alimentarea cu cablu flexibil cu suspensie multiplă se folosește în încăperi cu medii corosive sau cu pericol de incendiu sau explozie și pe lungimi mici (10—20 m).

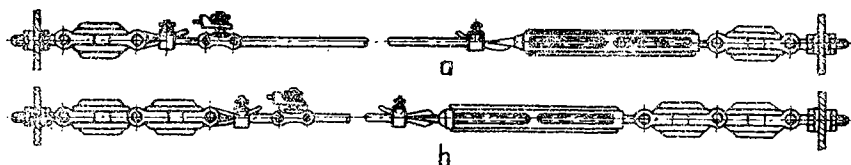


Fig. 9-9. Linie de contact cu conductoare rotunde de oțel sau de cupru de peste 25 m cu rezemare liberă pe parcurs:

a — pînă la 220 V; *b* — pînă la 500 V.



Fig. 9-10. Linie de contact cu conductoare rotunde fixate rigid.

2. Electropalane. Alimentarea electropalanelor se poate face astfel:

— prin linii de contact din oțel profilat (oțel T sau cornier) fixate pe izolatoare în plan orizontal la intervale de 2—3 m (fig. 9-12);

— prin linii de contact din oțel rotund cu diametrul de 10—12 mm pe suporturi fixe în plan orizontal, la 4—6 m distanță; în curbe, în acest caz, în loc de oțel rotund se folosește oțel lat, de exemplu de 30×6 mm așezat pe muchie, iar suporturile sînt la intervale de 1 m (fig. 9-13).

Culegătoarele de curent pentru liniile de contact din oțel rotund sînt de tipuri diferite, de exemplu:

— de tipul din fig. 9-14, *a* pentru cazul rezemării libere pe suporturile intermediare;

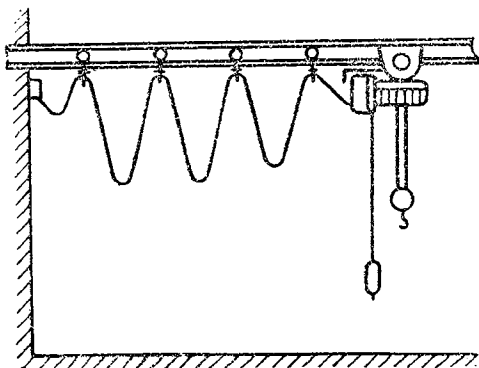


Fig. 9-11. Linie de contact cu cablu flexibil cu suspensie multiplă.

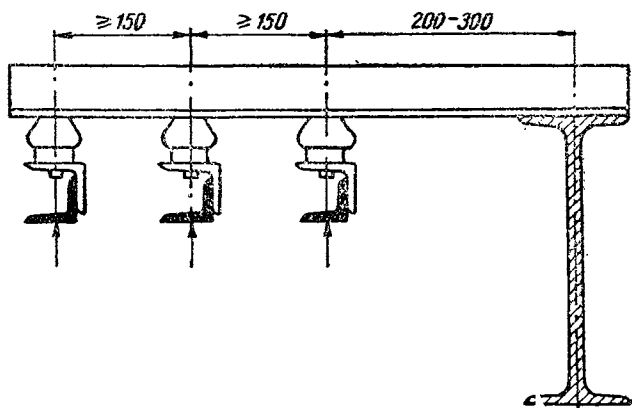


Fig. 9-12. Suport de linie de contact pentru electropalan.

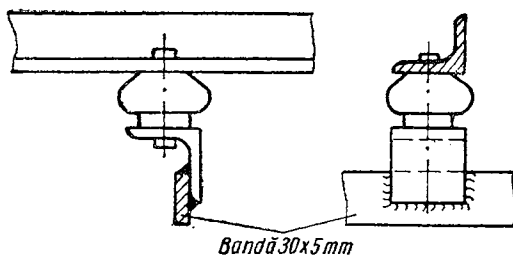


Fig. 9-13. Linie de contact în curbe, din bandă de oțel, pe suporturi distanțate la circa 1 m.

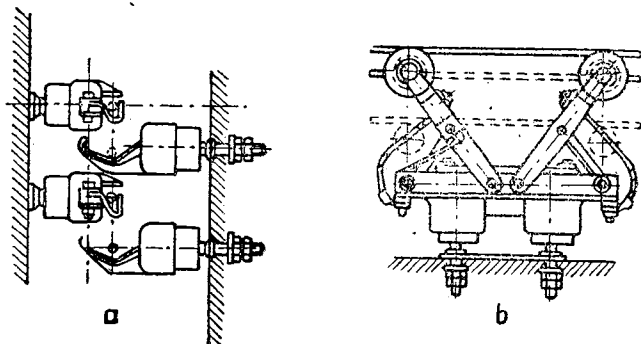


Fig. 9-14. Culegător de curent pentru conductor rotund:
a — cu suspensie liberă; b — cu suspensie rigidă.

— de tipul din fig. 9-14, b (sau un alt tip cu rolă), pentru cazul fixării rigide pe suporturi intermediare.

Culegătoarele de curent pentru liniile de contact din oțel profilat pot fi de următoarele tipuri:

— cu patină din fontă, ca în fig. 9-15, care alunecă pe fața superioară a cornierului sau șinei de cale ferată (acest tip de culegător se aplică totdeauna în cazul curenților mari în linii);

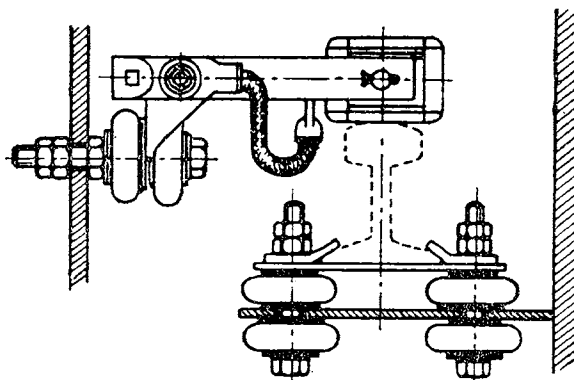


Fig. 9-15. Culegător de curent tip cu sabot pentru linii de contact din oțel profilat sau din șine de cale ferată.

— elastice, tip pantograf, cu rulou de contact, alunecând pe fața laterală (verticală) a oțelului cornier, dispozitivul acționând în plan orizontal.

Pentru șinele de contact ale electropanelor se folosesc numai culegătoare elastice.

3. Protecții și separații. Pentru legarea de protecție la nul și la pământ nu este necesar în general să se instaleze o a patra șină de contact, ci se folosește în acest scop o șină de rulare, căreia i se asigură continuitatea electrică și legarea la nul și la pământ.

O a patra șină de contact (fără izolatoare) este necesar să se instaleze pentru asigurarea legăturii la nul sau la pământ în următoarele cazuri:

— când contactul electric între roțile de rulare și șină este înrăutățit prin depuneri de sfărâmaturi și praf de material cu caracter izo-

lant (cazul macaralelor portal în depozite de minereu și diverse materiale sfărâmicioase care se pot depune pe linie);

— când lagărele axelor de la roțile podului nu asigură un contact suficient între pod și roți (cazul lagărelor cu materiale sintetice).

La liniile de contact din oțel profilat care alimentează mai multe poduri rulante se amenajează zone de reparație la capete și la nevoie (la mai mult de două poduri pe aceeași linie de contact) și pe parcursul liniei de contact. Linia de contact din dreptul zonelor de reparații se scoate de sub tensiune prin întrerupătoare de separație (ca în schema din fig. 9-16). În acest scop între linia de contact din dreptul zonelor de reparații și restul liniei de contact se prevăd rosturi de separație care în funcționare normală sînt scurtcircuitate prin întrerupătoare sau comutatoare.

Rosturile de separație pot fi duble (cu tronson de separație de circa 30—40 cm) sau simple (fig. 9-17)*.

Pentru liniile de contact mai lungi decît 25—30 m se prevăd, la intervale de 20—30 m, rosturi de dilatație (fig. 9-18), care asigură o dilatare liberă a șinelor de contact.

La liniile de contact prevăzute cu rosturi de separație și rosturi de dilatație este indicat să se folosească culegătoare de curent cu patină de fontă, spre a se evita necesitatea de a se lua măsuri speciale pentru evitarea șocurilor pe care culegătoarele elastice le-ar primi la trecerea peste aceste rosturi.

Intervalele libere ale rosturilor de dilatație și de separație, care se vor lăsa la montaj, în funcție de temperatura mediului ambiant la data montării, vor avea cel puțin valorile următoare:

Temperatura, °C	—10	0	10	20	25
Rosturi de dilatație, mm	28	25	22	19	16
Rosturi de separație, mm	38	35	32	29	26

Protecția contra rămîinerii sub tensiune a conductoarelor rupte la liniile de contact cu conductoare rotunde se poate realiza cu o schemă ca în fig. 9-19, cu ajutorul unui releu de tensiune al cărui contact

* În cazul rosturilor duble, tronsonul de separație se conectează în punctul K printr-un întrerupător separat.

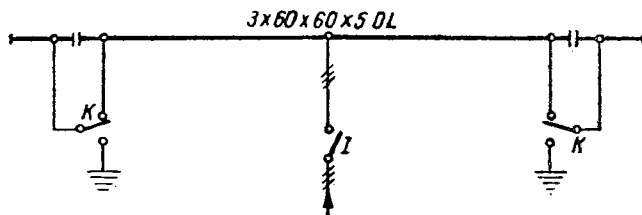


Fig. 9-16. Schema electrică a unei linii de contact cu două zone de separație la capete:

K — comutatoare tripolare; I — întrerupător tripolar.

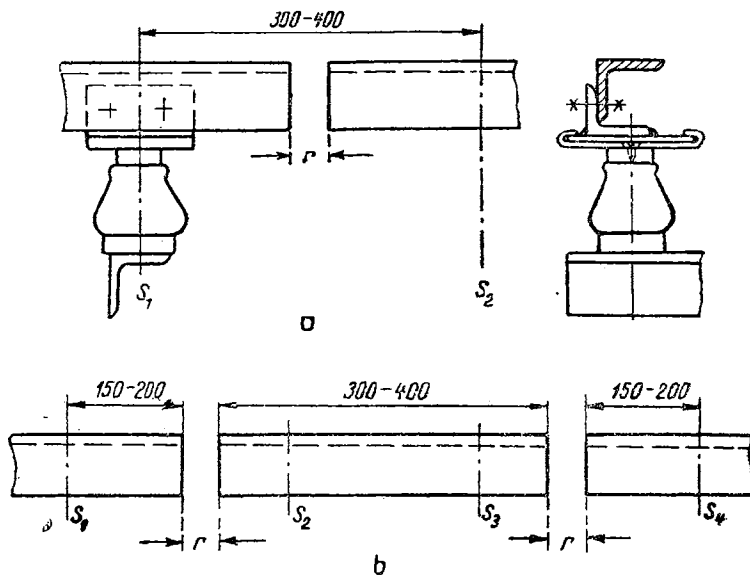


Fig. 9-17. Rosturi de separație:

a — simple; b — dublu; $S_1 \dots S_4$ — suporturi izolatoare.

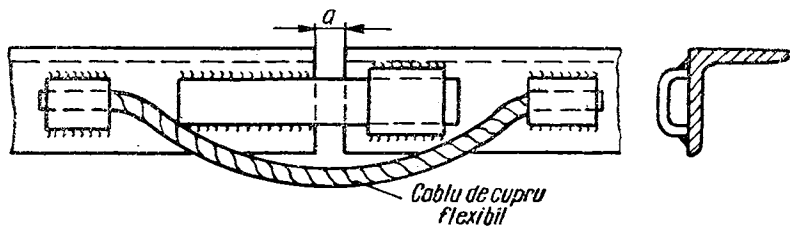


Fig. 9-18. Rost de dilatare.

normal deschis RTa este legat în serie cu electromagnetul de anclășare al contactorului automat K , prin care se alimentează linia. Releul de tensiune RT și o bornă a contactului normal deschis al său sînt legate la capătul liniei de contact opus celui la care se face alimentarea.

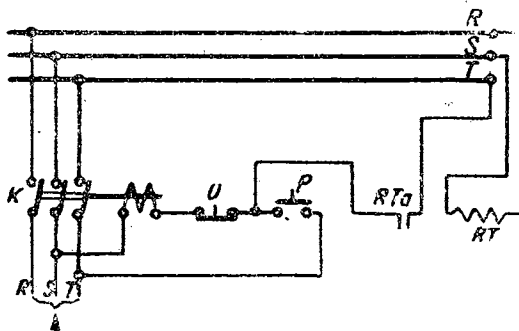


Fig. 9-19. Schemă pentru deconectarea automată a liniei de contact cu conductoare rotunde, la ruperea unui conductor.

La ruperea unui fir se produce deconectarea întrucît electromagnetul contactorului rămîne fără tensiune.

X. ILUMINATUL ELECTRIC

A. GENERALITĂȚI

Eficiența unei instalații de iluminat se apreciază atît prin condiția cantitativă privind *nivelul de iluminare*, cît și printr-o serie de condiții care se referă la *calitatea iluminatului*.

1. **Alegerea nivelului de iluminare.** Pentru spațiile industriale de producție și pentru încăperile din clădirile civile în care se desfășoară o activitate vizuală intensă (săli de studii, săli de desen, laboratoare etc.), nivelul de iluminare se alege în funcție de următoarele criterii: gradul de precizie al lucrărilor de efectuat, mărimea detaliilor, coeficientul de reflexie al suprafeței detaliului sau al cîmpului

pe care se disting aceste detalii, contrastul de strălucire dintre detaliu și fond, sistemul de iluminat preconizat (iluminat general, iluminat combinat etc.), natura sursei de iluminat (incandescent sau fluorescent); de asemenea se ține seama dacă obiectele examinate sînt în mișcare.

Nivelul de iluminare ales trebuie să satisfacă și condiția de încadrare în zona de confort vizual corespunzătoare temperaturii de culoare a sursei respective.

În funcție de caracteristica de culoare a sursei luminoase, zona de confort vizual se poate stabili cu ajutorul diagramei din fig. 10-1. Nivelurile de iluminare minime pentru încadrarea în zona de confort vizual, în cazul utilizării lămpilor fluorescente, sînt indicate în tabela 10-1.

Pentru încăperile din clădirile civile (locuințe, clădiri social-culturale etc.), la alegerea nivelului de iluminare se urmărește — în afara satisfacerii unora dintre criteriile de mai sus — realizarea unui iluminat confortabil și a unei ambianțe corespunzătoare destinației încăperii respective.

În tabela 10-2 sînt indicate nivelurile de iluminare corespunzătoare diferitelor categorii de muncă, pentru diferite sisteme de iluminat, din industrie, cu luarea în considerare a contrastelor de strălucire și a distribuției luminozității în cîmpul vizual.

Valorile minime admisibile ale iluminării medii pentru diferite categorii de construcții și procese tehnologice, în cazul iluminatului normal, sau de siguranță, sînt stabilite prin STAS 6646-62 revizuit¹.

În tabela 10-3 sînt indicate nivelurile de iluminare pentru unele încăperi din clădiri civile, conform STAS 6646-62 revizuit.

Scara nivelurilor de iluminare luată în considerare la alcătuirea acestor tabele cuprinde următoarele trepte: 2, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000 și 5 000 lx.

Valoarea iluminării medii indicată în tabele reprezintă nivelul minim de iluminare ce se consideră în calcul pentru determinarea fluxului necesar. Nivelul de iluminare realizat, în urma determinării și distribuirii surselor de iluminat nu trebuie să depășească treapta imediat superioară din scara iluminărilor, față de nivelul de calcul.

¹ Intrarea în vigoare a acestui standard revizuit și pus în concordanță cu normele C.A.E.R. este prevăzută pentru anul 1967.

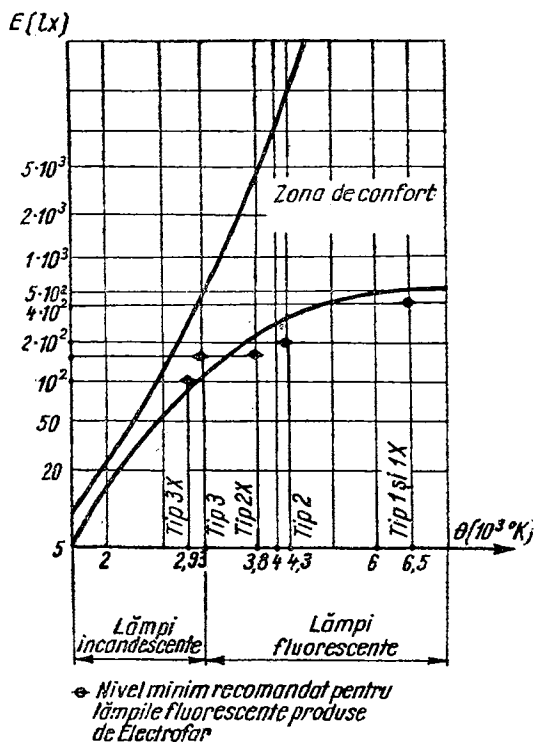


Fig. 10-1. Diagrama confortului vizual (după Krnithof).

Tabela 10-1. Nivelurile de iluminare minime pentru lămpi fluorescente încadrate în zona de confort vizual*)

Simbolul	Tipul lămpii	Temperatura de culoare °K	Iluminarea minimă lx
	Culoarea nominală		
1X	Alb lumina zilei corectat	6 500	400
2	Alb	4 300	200
2X	Alb superior	3 800	150
3	Alb cald	3 000	150
3X	Alb cald superior	2 900	100

*) După proiectul de normativ pentru proiectarea iluminatului artificial, în curs de definitivare.

Tabela 10-2. Nivelurile de iluminare pentru diferite categorii de muncă
(După STAS 6646-66 revizuit)

Categorii de muncă	Contrast între detaliu și fond	Gradul de luminozitate al suprafeței detaliului sau fondului pe care se distinge detaliul	Valoarea minimă admisibilă a iluminării medii în lăcuși			
			Lămpi fluorescente: lămpi cu vaporii de mercur cu balon fluorescent		Lămpi incandescente	
			Iluminat combinat sau localizat	Numai iluminat general	Iluminat combinat sau localizat	Numai iluminat general
I. Lucru de precizie deosebit (detaliu sub 0,1 mm)	a — mic	întunecat	3 000	750	1,500	300
	mic	luminos	2 000	750	1,000	300
	b — mediu	întunecat	1 500	500	750	300
	mediu	luminos				
	c — mare	întunecat	750	300	400	150
	d — mare	luminos				
II. Lucru de mare precizie (detalii între 0,1 și 0,3 mm)	a — mic	întunecat	2 000	750	1,000	300
	mic	luminos	1 000	400	500	150
	b — mediu	întunecat	750	200	400	100
	mediu	luminos				
	c — mare	întunecat	500	200	300	75
	d — mare	luminos				
III. Lucru de precizie (detalii între 0,3 și 1 mm)	a — mic	întunecat	1 000	300	560	150
	mic	luminos	750	200	400	100
	b — mediu	întunecat	500	200	300	75
	mediu	luminos				
	c — mare	întunecat	400	200	200	50
	d — mare	luminos				
IV. Lucru de precizie mică (detalii între 1 și 10 mm)	a — mic	întunecat	—	150	150	50
	mic	luminos	—	150	150	50
	b — mediu	întunecat	—	150	100	50
	mediu	luminos				
	c — mare	întunecat	—	150	100	50
	d — mare	luminos				

Tabela 10-2 (continuare)

Categoria de muncă	Contrast între detaliu și fond	Gradul de luminozitate al suprafeței detaliului sau fondului pe care se distinge detaliul	Valoarea minimă admisibilă a iluminării medii în lucrări			
			Lămpi fluorescente: lămpi cu vapori de mercur cu balon fluorescent		Lămpi incandescente	
			Iluminat combinat sau localizat	Numai iluminat general	Iluminat combinat sau localizat	Numai iluminat general
V. Lucru brut (detalii peste 10 mm)	indiferent de factorul de reflexie al fondului și de contrastul dintre obiect și fond	—	—	150	100	50
VI. Lucrări care necesită supraveghere generală a procesului de producție	indiferent de factorul de reflexie al fondului și de contrastul dintre obiect și fond	—	—	75	—	20

Observații.

1. Valorile din tabelă sînt valabile indiferent de poziția planului util (orizontal, vertical sau înclinat). În cazul în care nu se face nici o precizare specială asupra nivelului planului util, sau dacă locul de lucru are o poziție mobilă, iluminările date în tabelă se consideră valabile pentru întreg planul unde se execută lucrul, situat:

- la 0,85—1,00 m înălțime de la nivelul pardoselii pentru încăperile de producție;
- la nivelul pardoselii pentru coridoare, scări, pasaje, căi interioare de transport, garaje, depozite de mărfuri cu bucata etc.

2. În valorile indicate pentru iluminatul combinat se cuprind și iluminările date de iluminatul general.

3. Gradul de luminozitate al suprafeței detaliului sau fondului se consideră:

- *întunecat*, pentru un factor de reflexie de 0,3;
- *luminos*, pentru un factor de reflexie de 1,3.

4. Contrastul între detaliu și fond se consideră:

- mic, pentru valori sub 0,2; nuanțele culorilor detaliului și ale fondului se disting slab una de alta;
- mediu, pentru valori între 0,2 și 0,5; nuanțele culorilor detaliului și ale fondului se disting clar una de alta;
- mare, pentru valori peste 0,5; nuanțele culorilor detaliului și ale fondului se disting foarte bine una de alta.

Tabela 10-3. Valorile iluminărilor pentru diferite încăperi din clădiri civile

Denumirea clădirilor și a încăperilor	Iluminarea generală medie minimă, în lx, cu lămpi:	
	incandescente	fluorescente
A. Hoteluri		
Holul principal	75	200
Portar, recepție	75	300
Camere de dormit	30	—
Salon, cameră de odihnă	50	150
Bucătărie	75	200
Săli de mese	75	200
Băi, spălătorii	50	—
Scări principale	75	200
Scări de serviciu	10	50
B. Locuințe		
Dormitor	30	—
Cameră de zi	50	—
Sufragerie	50	150
Bucătărie	50	200
Spălător comun, băi, dușuri	50	—
C. Spitale, sanatorii		
Camera medicului și cea a surorii de serviciu	50	—
Cabinetele medicilor pentru consultații	100	200
Sala de pansamente și anestezie, săli preparatorii, camere de naștere, sala de autopsie	100	200
Camere de izolare pentru boli infecțioase	50	100
Saloane bolnavi	30	—
Săli de operație:		
Camera de sterilizare	150	—
— iluminatul general	50	—
— câmpul operator	3 000	300
Laboratoare, încăperea pentru prepararea medicamentelor, încăperea pentru luarea probelor de analiză, cabinete pentru tratamente	150	300
Farmacie	150	300
Sală de radiografie	30	—
D. Cămine, creșe, grădinițe		
Camera de primire și de alăptat	50	150
Camera de joc și hrană	100	200
Cabinetul medicului și cel al infirmierei	100	200
Camera de izolare	75	—
Dormitoare	30	—

Tabela 10-3 (continuare)

Denumirea clădirilor și a încăperilor	Iluminarea generală medie minimă, în lx, cu lămpi :	
	incandescente	fluorescente
E. Școli		
Săli de clasă, amfiteatre, auditorii, laboratoare, camere de studiu	100—150	300
Săli de desen și lucru manual	200	400
Biblioteca și sala de lectură	150	300
Sala de gimnastică	75	200
F. Biblioteci publice		
Săli de lectură	100	250
Depozite de cărți	50	—
Săli pentru cataloage și fișiere	100	200
G. Instituții publice și social-culturale		
Holuri de intrare	50	200
Birouri	75	200
Camere pentru ședințe	75	200
Contabilitatea, mașini contabile, sala dactilografelor	150	300
Ateliere de proiectare	150	300
Ghișee de bănci, C.E.C.	150	300
Poștă:		
a) sortarea corespondenței	75	200
b) depozit pachete	30	—
Gări. Oficii P.T.T.R.:		
— săli de așteptare	50	150
— holuri cu ghișee	150	300
— primirea bagajelor	75	200
— păstrarea bagajelor	30	—
— birouri de exploatare	75	200
Teatre, cinematografe, case de cultură, cluburi:		
— săli de spectacol	50	200
— săli de cinema	30	150
— săli de conferințe	100	200
— cercuri de studii, radio, foto	100	20
— foaiere	100	200
Muzee, expoziții	150	300

În funcție de natura surselor și a muncii prestate se admit următoarele iluminări minime:

150 lx cu lămpi fluorescente, respectiv 50 lx cu lămpi cu incandescentă, în spațiile industriale în care se desfășoară o activitate permanentă (în cazul iluminatului fluorescent, nivelul de iluminare trebuie corelat cu temperatura de culoare a lămpii utilizate);

50 lx cu lămpi fluorescente, respectiv 10 lx cu lămpi cu incandescentă în depozitele cu materiale în vrac sau cu obiecte voluminoase, când aceste depozite sînt dotate cu instalații de transport sau de ridicat;

30 lx cu lămpi fluorescente, respectiv 5 lx cu lămpi cu incandescentă la aceleași tipuri de depozite, dacă acestea nu sînt dotate cu instalații de transport sau de ridicat.

În ultimele două cazuri nu se cere încadrarea iluminatului în zona de confort vizual.

În anumite condiții, nivelurile de iluminare prevăzute în tabelele 10-2 și 10-3 pot fi ridicate cu o treaptă după scara iluminărilor, astfel:

— la categoriile de muncă I—IV, dacă obiectul este mai departe decît 0,5 m de ochiul observatorului, dacă încordarea efortului vizual durează neîntrerupt peste 4 h sau dacă obiectele observate sînt în mișcare;

— la categoriile de muncă IV—VI în locuri de muncă cu pericol de accidentare mărit (lucru la mașini-unelte în apropierea utilajelor cu piese în mișcare etc.);

— în încăperi umede se impun exigențe sanitare specifice (în industria alimentară, chimico-farmaceutică etc.);

— în încăperile blindate (fără iluminat natural) sau cu iluminat natural insuficient, sub 25% din normă (cum sînt halele industriale bloc, subsolurile, nivelurile tehnice etc.) dacă în aceste încăperi se lucrează permanent.

Se admite de asemenea ridicarea nivelului de iluminare normat cu una sau mai multe trepte, în încăperile în care se dezvoltă mult fum, abur sau praf.

2. Calitatea iluminatului. La proiectarea instalațiilor de iluminat trebuie avut în vedere satisfacerea condițiilor prin care se asigură calitatea iluminatului, și anume:

— uniformitatea iluminatului;

— eliminarea cauzelor de orbire susceptibile de a micșora performanțele vizuale și de a crea senzația lipsei de confort vizual;

— alegerea potrivită a surselor de iluminat, după caracteristica de culoare, compatibilă cu condiția de redare satisfăcătoare a culorilor și cu condiția de realizare a unei ambianțe confortabile;

— alegerea corpurilor de iluminat și dispunerea lor astfel încât orientarea fluxului luminos, gradul de difuziune al luminii și umbrirea să corespundă destinației încăperii și efortului vizual prestat.

a. *Uniformitatea iluminatului.* Valorile factorului de uniformitate a iluminării pentru iluminatul general la diferite categorii de construcții sînt indicate în tabela 10-4.

Tabela 10-4. **Valorile coeficienților de uniformitate**
(După STAS 6646-62 revizuit)

Specifiul construcțiilor	Factori de uniformitate			
	E_{min}	E_{max}	E_{min}	E_{med}
Construcții industriale (categ. I—IV)	0,3		0,65	
Construcții industriale (categ. V—VI)	0,2		0,4	
Construcții civile	—		0,5	

Pe suprafețele învecinate locului de muncă în care se desfășoară o activitate vizuală intensă (la bancul de lucru, la masa de trasaj etc.) valoarea factorului de uniformitate $\frac{E_{min}}{E_{max}}$ nu trebuie să fie mai mică decît 0,65.

În cazurile în care se lucrează în mod alternativ în încăperi învecinate, sau dacă personalul se deplasează în mod frecvent în zone cu niveluri de iluminare diferite, raportul iluminărilor medii extreme a două suprafețe 1 și 2 de acest fel trebuie să satisfacă relația

$$\frac{E_{med 1}}{E_{med 2}} \geq 0,10$$

b. *Eliminarea cauzelor de orbire.* Orbirea este o stare a vederii în care se încearcă fie o senzație de jenă (orbirea psihologică), fie o reducere a aptitudinii de a distinge obiectele (orbirea fiziologică), fie amîndouă simultan, în urma unei repartiții defavorabile a strălucirilor sau a eșalonării lor între două valori extreme prea diferite, sau în urma unor contraste excesive în spa-

țiu și în timp. Orbirea poate fi *directă*, provocată de sursele luminoase, *prin reflexie*, cauzată de suprafețele reflectante care se găsesc în planul de lucru, și *indirectă*, sau prin contrast, cauzată de diferențele mari dintre gradul de reflexie al suprafețelor predominante din spațiul respectiv (plafon, pereți, mobilier, utilaje, pardoseli etc.).

Efectul de orbire produs de fluxul direct al surselor de iluminat poate fi limitat prin utilizarea unor corpuri de iluminat și a unor surse cu caracteristici corespunzătoare destinației și geometriei încăperilor, în condițiile indicate în tabela 10-5.

Corpurile de iluminat cu unghi de protecție mai mic de 10° nu pot fi folosite fără aparate (ecrane) difuzante. La lămpile și corpurile de iluminat amplasate în afara unghiului vizual de 45° (față de orizontala ochiului, în orice direcție a încăperii) nu se limitează luminanța. În fig. 10-2 se arată dependența efectului de orbire directă în funcție de unghiul de înălțime al sursei luminoase.

Limitarea efectului de orbire produs prin reflexie se poate obține evitând prezența în planul de lucru a suprafețelor cu coeficient ridicat de reflexie; dacă acest lucru nu este posibil, se limitează luminanța surselor de iluminat la maximum 1500 nt (sau cd/m^2), respectiv până la 2500 nt dacă iluminarea pe planul de lucru depășește 300 lx iar suprafețele înconjurătoare au coeficienți de reflexie ridicați.

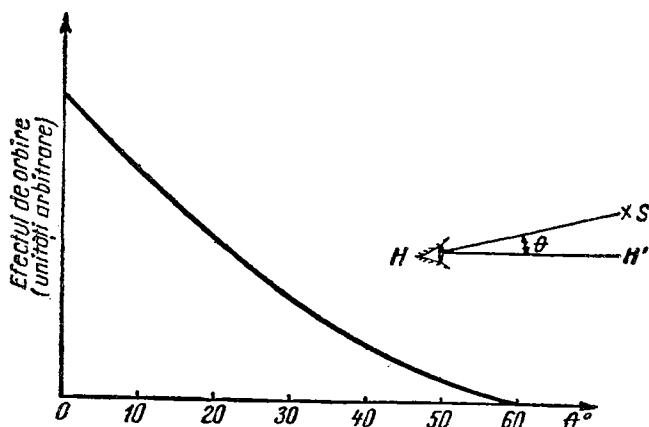


Fig. 10-2. Efectul orbirii directe în funcție de unghiul θ de înălțime a sursei S în raport cu orizontala H—H'.

Tabela 10-5. Condițiile de montare a corpurilor

Specificul încăperii	Corpuri de iluminat		
	Lămpi cu o strălucire mai mare decât 10 000 nt		
	Înălțimea de montaj deasupra pardoselii	Puterea lămpii	Unghiul de protecție
Școli, birouri și instalații industriale speciale	Nu se recomandă		
Interioare industriale în general	peste 6 m	orice fel	cel puțin 15°
	2,5 — 6 m	100 — 300 W	cel puțin 20°
	sub 2,5 m	100 — 150 W	cel puțin 30°
Iluminat local	—	—	cel puțin 30°
Depozite, treceri încăperi în care nu se creează în permanență etc.	—	—	cel puțin 10°

Observații:

1. Înălțimea de montaj H a corpurilor de iluminat se consideră deasupra nivelului ochilor.
2. Înălțimile de montaj din tabelă nu sînt obligatorii în cazul folosirii lămpilor incandescente cu balon de sticlă opală, cu o putere de maximum 40 W, precum și a corpurilor de iluminat cu o strălucire pînă la 1 500 nt.

de iluminat (După STAS 6646-62 revizuit)

cu reflectoare		Corpuri de iluminat cu materiale difuzante; strălucirea corpului de iluminat sub 5 000 nt	
Lămpi cu o strălucire între 5 000 nt și 10 000 nt		Puterea lămpii din corpul de iluminat, în W	Dimensiunile încăperilor în care se montează
Înălțimea de montaj deasupra pardoselii	Unghiul de protecție		
Indiferent de înălțime	Cel puțin 45° în plan transversal față de axa lămpii	pînă la 200	Lățimea cel mult 4 H Lungimea cel mult 6 H
	Cel puțin 30° în plan paralel cu axa lămpii	peste 200	Lățimea cel mult 3 H Lungimea cel mult 3 H
Peste 6 m	Cel puțin 12°	pînă la 200	Lățimea cel mult 5 H Lungimea oricît de mare
Sub 6 m	Cel puțin 20° în plan transversal pe axa lămpii	peste 200	Lățimea cel mult 4 H Lungimea oricît de mare
	Cel puțin 20°	Strălucirea maximă cel mult 1 500 nt	
Nu este obligatorie ecranizarea dacă lampa nu este vizibilă de la locul de muncă	—	Nu se limitează	

3. Se vor considera lămpi cu luminanță mai mare decît 10 000 nt, cele cu incandescentă și cele cu vapor de mercur de înaltă presiune precum și cele cu vapor de sodiu; lămpile cu luminanță între 5 000 și 10 000 nt se vor considera tuburile fluorescente.

Pentru evitarea reflexiilor jenante se impune alegerea convenabilă a surselor de iluminat în raport cu locul de muncă (fig. 10-3).

Protecția contra orbirii produsă de contrast se realizează astfel:

— prin tratarea judicioasă a suprafețelor înconjurătoare (respectiv a finisajelor) astfel încât factorii de reflexie ai acestora să se încadreze între următoarele valori:

pentru plafon	0,75—0,85
la partea de sus a pereților	0,50—0,80
la partea inferioară a pereților	0,30—0,60
pentru pardoseală	0,10—0,30
pentru suprafețele utilajelor	0,50—0,60

— prin iluminarea corespunzătoare a plafonului (cînd acesta este plan și nu prea înalt); pentru aceasta se utilizează corpuri de iluminat cu o componentă fluxului luminos dirijată spre tavan, de minimum 10% în încăperi în care se desfășoară lucrări obișnuite și de minimum 30% în încăperi în care se efectuează lucrări de mare precizie.

3. Amplasarea corpurilor de iluminat. În vederea realizării unei instalații de iluminat general cu grad de uniformitate ridicat, în condiții de putere instalată minimă (corespunzătoare iluminării medii propuse), la dispunerea corpurilor de iluminat se iau în considerare anumite reguli.

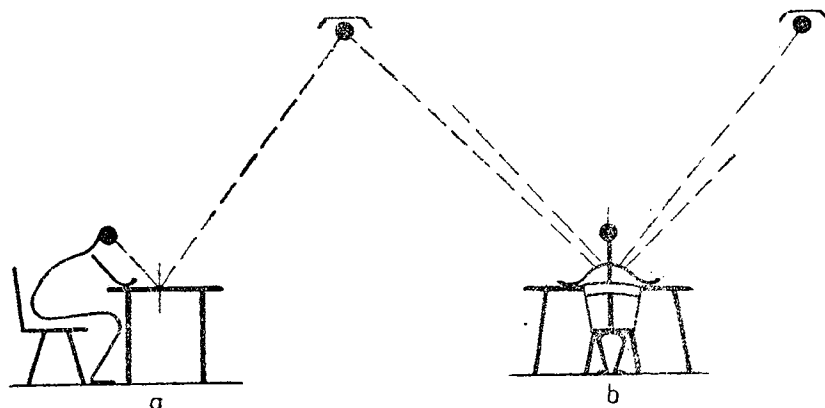


Fig. 10-3. Poziții ale surselor luminoase în raport cu locul de muncă: *a* — de evitat (pericol de reflexii jenante); *b* — avantajoasă (se elimină reflexiile și umbrele jenante).

a. *Reguli de amplasare în plana corpurilor de iluminat. Când se folosesc surse punctiforme, soluția de amplasare este optimă dacă acestea se dispun în vîrfurile unui pătrat, sau ale unui romb care să îndeplinească condițiile $L_a = L_c$, respectiv $L_b = \sqrt{3}L_a$ (fig. 10-4).*

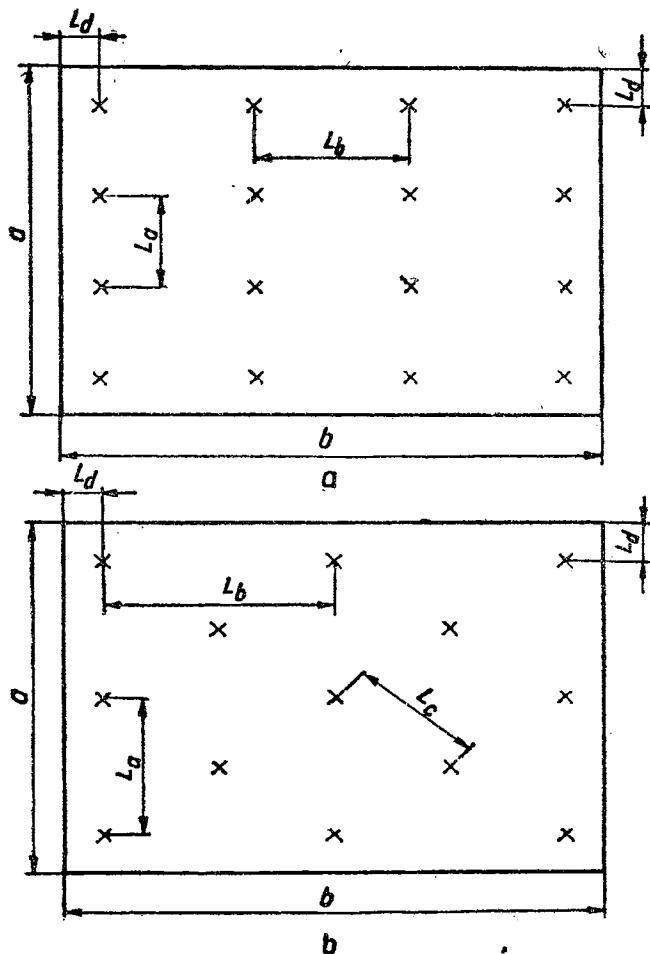


Fig. 10-4. Amplasarea surselor punctiforme:

a — în vîrfurile unui dreptunghi; b — în vîrfurile unui romb.

Distanța față de perete L_d a rîndurilor de lămpi (fig. 10-4) se ia egală cu 25—30% din L_a sau L_b cînd există locuri de muncă lîngă pereți și egală cu 40—50% din acestea cînd nu se lucrează lîngă pereți.

Cînd se folosesc surse liniare așezate în șiruri paralele (fig. 10-5), între distanțele L_a , L_b și L_d trebuie să fie asigurate relațiile

$$L_a = (0,8 \dots 0,9) L_b \text{ și } L_d = (0,25 \dots 0,5) L_a$$

după cum se lucrează sau nu lîngă pereți.

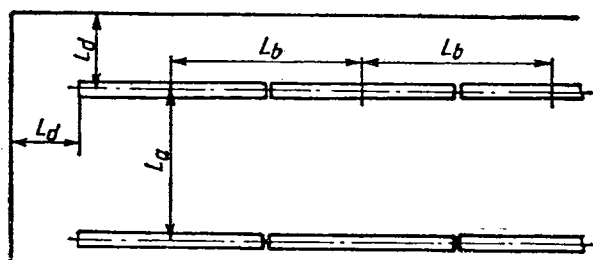


Fig. 10-5. Amplasarea în plan a șirurilor de corpuri cu surse liniare.

b. *Reguli pentru corelarea distanțelor în plan cu cotele verticale de montaj ale corpurilor de iluminat.* În cazul folosirii corpurilor de iluminat cu *repartiție directă* sau *semidirectă* a fluxului luminos este necesar să se respecte următoarele condiții care rezultă din așezarea corpurilor indicată în fig. 10-6:

— dacă se folosesc lămpi cu incandescență montate în corpuri fără aparat difuzant, $L_a = 0,7 h$;

— dacă corpurile de iluminat sînt prevăzute cu aparat difuzant, sau dacă se folosesc lămpi fluorescente $L_a = (1 \dots 1,5) h$.

În cazul folosirii corpurilor de iluminat cu *repartiție mixtă* a fluxului luminos, acestea se montează conform indicațiilor din fig. 10-7, ținîndu-se seama de relațiile

$$L_a = (1 \dots 1,5) h \text{ și } i \leq \frac{L_a}{2}.$$

În cazul folosirii corpurilor de iluminat cu *repartiție indirectă* sau *semiindirectă* montate conform indicațiilor din fig. 10-8, urmează să se țină seama de următoarele indicații:

— dacă se folosesc corpuri de iluminat suspendate sau lămpi normale montate în scafe,

$$L_a = (1,5 \dots 2) h \text{ și } i = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} \right) L_a;$$

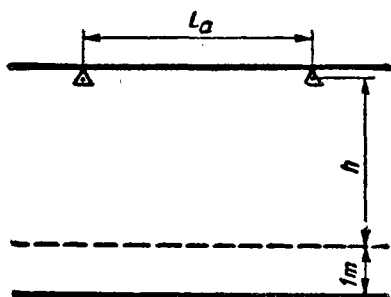


Fig. 10-6. Cota de montaj a corpurilor de iluminat în cazul iluminatului direct sau semidirect.

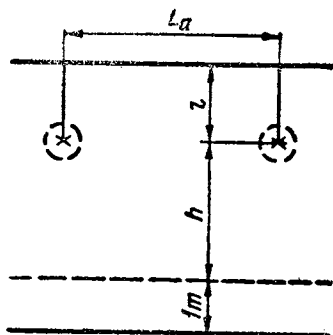


Fig. 10-7. Cota de montaj a corpurilor de iluminat în cazul iluminatului difuz.

— dacă corpurile de iluminat au reflectoare oglindate, sau în scafe se folosesc lămpi oglindate,

$$L_a = (1,5 \dots 2) h \text{ și } i = \left(\frac{1}{5} \dots \frac{1}{8} \right) L_a.$$

Aceste indicații se referă numai la scafele suspendate, distanțate de pereți (nu și la cele montate pe pereți, la care distanța L_a nu are sens).

În cazurile când se folosește iluminatul indirect cu lămpi incandescente montate în scafe executate drept profiluri ornamentale ale pereților (fig. 10-9, a) se ține seama de următoarele indicații:

— dacă scafele sînt echipate cu lămpi incandescente normale,

$$i \geq \frac{b}{3};$$

— dacă se folosesc lămpi de tip cu oglindă, sau lămpi normale montate în reflectoare cu oglindă cu repartiție largă, $i \geq \frac{b}{6};$

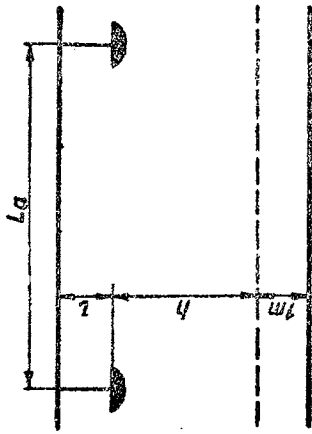


Fig. 10-8. Cota de montaj a corpurilor de iluminat în cazul iluminatului indirect sau semiindirect.

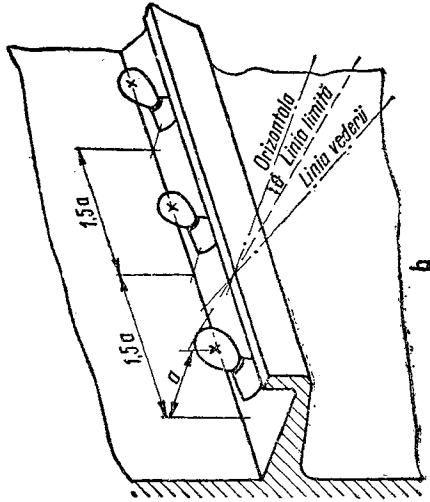
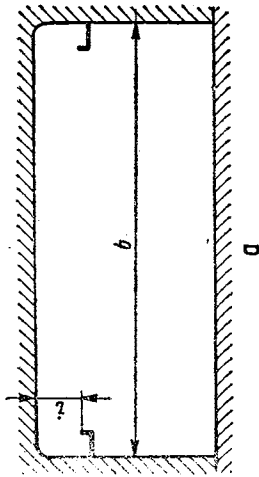


Fig. 10-9. Cote de montaj a lămpilor în scafe:
 a — așezarea scafelor în raport cu depărtarea
 b dintre pereți; b — detaliu de așezare a lămpilor în scafă.

— dacă lămpile sînt de tip normal montate în reflectoare cu oglindă, cu repartiție întinsă, $i \geq \frac{b}{8}$.

În aceste cazuri profilul scafei trebuie să fie astfel trasat încît lampa să rămînă sub linia vederii observatorului plasat în punctul cel mai îndepărtat al încăperii (fig. 10-9, b).

În cazurile cînd se folosesc scafe cu lămpi fluorescente tubulare (v. fig. 10-9, a), se recomandă amplasarea care să satisfacă relația

$$\frac{b}{8} \leq i \leq \frac{b}{6},$$

iar unghiul pe care linia limită îl face cu orizontala să fie zero (fig. 10-10).

4. Deprecierea instalațiilor de iluminat. Instalațiile de iluminat își reduc în timp eficacitatea datorită următoarelor cauze:

— lipsa unei întrețineri corespunzătoare a instalațiilor ceea ce duce la murdărirea și degradarea surselor luminoase;

— îmbătrînirea lămpilor (diminuarea naturală a fluxului luminos);

— murdărirea suprafețelor reflectante din încăperi (tavan, pereți, utilaj, mobilier etc.).

Ca urmare a unei întrețineri necorespunzătoare, instalația de iluminat se depreciază și procesul de producție este influențat negativ (productivitatea scade, crește numărul de rebuturi, scade calitatea producției, crește numărul de accidente, activitatea se duce într-un mediu de lucru neplăcut etc.), cu toate că se consumă și se plătește o anumită cantitate de energie electrică de la care nu se obține însă un flux luminos util; instalația funcționează ca și cum ar fi subdimensionată cu procentul în care ea s-a depreciat.

De exemplu în halele cu degajări puternice de fum sau praf, în condiții de lipsă de întreținere, iluminarea medie poate să scadă în intervale scurte de 7—10 zile pînă la 80% din valoarea normală, iar în intervale de 25—30 zile sub 50% din valoarea normală; aceasta înseamnă, practic, scoaterea din uz a instalației de iluminat. Valoarea de 80% este în general admisă ca

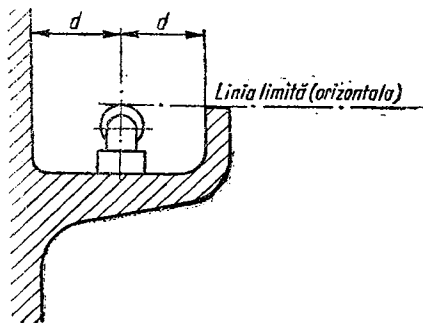


Fig. 10-10. Așezarea în scafe a lămpilor fluorescente tubulare.

o limită minimă pentru funcționarea economică a unei instalații; la valori mai mici se pune problema dacă instalația mai corespunde din punct de vedere tehnic.

Drept măsură acoperitoare, în vederea asigurării nivelurilor de iluminare luate în calcul (ținând seama de condițiile de depreciere și întreținere a instalațiilor de iluminat), diferitele metode de proiectare prevăd introducerea în calcule a unui coeficient de corecție, numit *factor de depreciere*, care se notează cu Δ ; aceasta influențează direct valoarea puterii necesare pentru iluminat, după cum se poate demonstra, considerându-se formulele fluxului necesar

$$\Phi_{nec [lm]} = \frac{S_{[m^2]} E_{[lx]} \Delta}{u} \text{ și } \Phi_{nec [lm]} = \eta_{[lm/W]} p_{[W/m^2]} S_{[m^2]},$$

care, prin egalare, dă puterea specifică

$$p_{[W/m^2]} = \frac{E}{\eta u} \Delta = C \Delta,$$

adică pentru o instalație de iluminat dată, puterea specifică p este direct proporțională cu valoarea coeficientului de depreciere Δ .

Tabela 10-6. Valorile factorului de depreciere
(După STAS 6646-62 revizuit)

Caracteristicile încăperii	Factorul de depreciere în cazul lămpilor:		Periodicitatea de curățire a corpurilor de iluminat, cel puțin
	fluorescente	incandescente	
Încăperi în care se degajă mult praf, fum sau funingine (turnătorii, fabrici de ciment, filaturi etc.)	2	1,7	De patru ori pe an
Încăperi cu degajare mijlocie a prafului, fumului sau funinginei (în încăperile obișnuite de industrie)	1,8	1,5	De două ori pe an
Încăperi cu puțin praf, fum și funingine (birouri, școli etc.)	1,5	1,3	Odată pe an

Tabela 10-7. Valorile factorului de depreciere anuală a instalațiilor interioare de iluminat (după I. Corodeanu)

Sistemul de iluminat	Tipul corpului de iluminat cu lămpi:					
	incandescente		fluorescente tubulare		fluorescente balon	
	Viteza de murdărire:					
	redușă	intensă	redușă	intensă	redușă	intensă
Direct și semidirect	1,17	1,66	1,25	1,66	1,33	1,81
Difuz și semiindirect	1,33	2,50	1,43	2,50	1,43	2,86
Indirect	1,43	2,86	1,53	2,86	1,66	3,33

Rezultă că atât costul investiției pentru instalațiile de iluminat cât și costul energiei electrice vor fi mai ridicate cu cât se admite pentru instalația respectivă un factor de depreciere mai dezavantajos.

În STAS 6646-62 revizuit precum și în diverse lucrări de specialitate se indică o serie de valori pentru factorul de depreciere, corespunzător unor multitudini de cazuri.

Având în vedere că valoarea factorului de depreciere afectează în mod dezavantajos atât costul de investiție al instalației de iluminat, cât și costul energiei electrice consumate, alegerea factorului de depreciere trebuie să se facă în mod judicios, corelat cu posibilitățile de a se limita viteza de depreciere a instalației prin prevederi corespunzătoare.

În tabelele 10-6 și 10-7 sînt indicate valorile factorului de depreciere pentru diferite situații.

B. ALEGEREA SURSELOR DE ILUMINAT

Una dintre problemele majore ale tehnicii iluminatului artificial este alegerea surselor de iluminat corespunzătoare (după natura lor) pentru o anumită încăpere, respectiv un anumit proces tehnologic, în vederea obținerii unui iluminat corespunzător — cantitativ și calitativ — în condiții tehnico-economice avantajoase.

1. Analiza comparativă a caracteristicilor surselor de iluminat utilizate curent. În acest scop se vor enumera avantajele și dezavantajele diferitelor lămpi, precum și unele caracteristici importante ale acestora.

a. *Lămpile cu incandescență*. Avantaje:

- se fabrică într-o gamă largă de trepte de puteri și tensiuni;
- nu necesită echipament auxiliar;
- se pot folosi atât în curent alternativ cât și în curent continuu;

- același corp de iluminat se poate echipa cu lămpi de puteri diferite; lămpile și corpurile de iluminat respective au costul relativ redus și se pretează mai ușor la etanșare, ecranare etc.;

- fluxul luminos nu este influențat de temperatura exterioară;
- nu prezintă efect de pîlpîire;
- sînt mai puțin expuse murdăririi.

Dezavantaje:

- au randamentul luminos scăzut ($1 \dots 3\%$);
- eficacitatea luminoasă scăzută ($\eta = 8 \dots 18 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$);
- luminanța mare ($500 \dots 1\,200 \text{ sb}$);
- durata de funcționare și fluxul luminos sînt mult influențate de variațiile de tensiune ale rețelei;
- au rezistență scăzută la șocuri și trepidații;
- durata de funcționare redusă, în medie 1 000 h, mai mică decît durata economică de funcționare.

Alte caracteristici:

- eficacitatea luminoasă (η) crește o dată cu curentul, deci crește cu puterea lămpii și scade o dată cu creșterea tensiunii nominale ($\text{raportul } \frac{\eta_{220}}{\eta_{120}}$ variază între 0,8 și 0,95);

- spectrul emis este continuu, foarte bogat în radiații infra-roșii și foarte sărac în ultraviolete; sînt surse cu *lumină caldă*;
- lampa radiază o mare cantitate de căldură (68—86% din energia consumată).

b. *Lămpile fluorescente tubulare de joasă presiune*. Avantaje:

- au randament luminos ridicat ($4,6 \dots 8,2\%$);
- eficacitate luminoasă ridicată ($30 \dots 53 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$);
- luminanța redusă ($0,5 \dots 0,6 \text{ sb}$);
- au un grad mare de difuzie a luminii;
- durată de funcționare mare (6 000 h, funcționînd minimum 12 h la fiecare aprindere);
- rezistență bună la șocuri mecanice;

— au culoarea ameliorată (la noi se produc cinci tipuri de lămpi, codificate după temperatura de culoare);

— se pretează la montarea în şiruri, benzi sau panouri luminoase, ceea ce contribuie la uniformizarea iluminării.

D e z a v a n t a j e :

— se fabrică într-un număr limitat de trepte de putere;

— necesită echipament auxiliar costisitor;

— necesită corpuri de iluminat costisitoare şi dificil de ecranat sau etanşat;

— durata de funcţionare este mult influenţată de numărul de conectări (scade pînă la 2 500 h dacă funcţionează 3 ore după fiecare aprindere; pentru conectări şi mai frecvente, se pune problema dacă nu este mai economic ca lampa să fie lăsată să funcţioneze în continuare);

— se depreciază prin murdărire mai repede; întreţinerea este mai grea;

— la temperaturi joase dau dificultăţi la aprindere;

— prezintă efect apreciabil de pîlpire;

— au dimensiuni mari;

— în montaj necompensat funcţionează cu un factor de putere scăzut (0,35—0,56);

— durata şi fluxul luminos sînt afectate de variaţia tensiunii de alimentare.

A l t e c a r a c t e r i s t i c i :

— eficacitatea luminoasă creşte cu puterea lămpii;

— puterea lămpii este determinată de lungimea tubului;

— emit *lumină rece* (fluxul luminos este bogat în radiaţii cu lungime de undă mică şi este însoţit de un procent apreciabil de radiaţii ultraviolete şi de puţine radiaţii în infraroşu).

În ceea ce priveşte aspectul igienic al iluminatului fluorescent, se recunoaşte în prezent — pe plan mondial — că acest sistem are efecte favorabile asupra organismului omenesc (facultăţile funcţionale ale ochiului se menţin la un nivel înalt în timpul muncii). Se pune însă condiţia ca instalaţiile de iluminat fluorescent să fie bine adaptate exigenţelor fiziologice prin atingerea unor indici calitativi ridicaţi (niveluri înalte de iluminare, eliminarea pîlpirii, reducerea strălucirilor etc.).

c. Lămpile fluorescente balon, de presiune ridicată (4 at). Avantaje:

- aș randament luminos mare;
- eficacitate luminoasă mare (30—40 lm/W);
- se pot fabrica într-o gamă suficient de largă de trepte de puteri;
- durata de funcționare relativ lungă (2 000 h);
- se montează în dulii cu filet Edison;
- se pot folosi și cu corpuri de iluminat pentru lămpi cu incandescență;
- au viteză de murdărire scăzută.

Dezavantaje:

- luminanță mare (200—600 sb) în tubul de descărcare; datorită balonului fluorescent această luminanță este redusă considerabil);
- necesită o durată mare de aprindere (cîteva minute pînă cînd ajunge la fluxul nominal) și nu se pot reaprinde decît după răcirea completă;
- necesită echipament special (balast);
- durata de funcționare se micșorează prin aprinderi repetate;
- la variații bruște de tensiune, se sting;
- funcționează numai în curent alternativ;
- lumina lor diferă de cea naturală prin absența radiațiilor roșii și pentru acest motiv nu pot fi folosite pentru iluminatul locurilor de muncă unde trebuie să se distingă culorile.

2. Compararea din punct de vedere economic a sistemelor de iluminat artificial. Compararea sistemelor de iluminat incandescent și fluorescent se poate face fie pe baza aceluiași nivel de iluminare, fie pornindu-se de la niveluri de iluminare echivalente.

Specialiștii apuseni susțin în general primul punct de vedere, potrivit căruia apar avantaje economice nete în favoarea iluminatului fluorescent; într-adevăr, ținîndu-se seama că puterea specifică $p \left[\frac{W}{m^2} \right]$, la iluminare constantă, variază invers proporțional cu efi-

cacitatea luminoasă, adică $p = K \frac{E}{\eta}$, iluminatul incandescent (care are o eficacitate luminoasă scăzută) apare dezavantajos, în ceea ce privește puterea instalată, prin costul energiei consumate. Surplusul de investiție pentru instalațiile de iluminat fluorescent s-ar amortiza prin diferența de cost a energiei consumate.

Cercurile de specialitate din țările socialiste iau drept bază de comparație niveluri echivalente. Potrivit acestui punct de vedere s-a elaborat la noi standardul pentru iluminatul artificial 6646-62; în acesta se prevăd niveluri de iluminare echivalente pentru aceeași categorie de încăperi și procese tehnologice, care sînt în medie de 2—3 ori mai mari în iluminatul fluorescent decît în cel incandescent. În cazurile în care pentru iluminat incandescent se prevăd niveluri coborîte sub 50 lx, raportul de echivalare este și mai mare, deoarece în iluminat fluorescent limita inferioară a iluminării este fixată la 150 lx.

Diferența se accentuează în unele cazuri dacă se ține seama de prevederile referitoare la coordonarea nivelurilor de iluminare cu temperatura de culoare a lămpilor fluorescente; de exemplu, pentru lămpile simbol 1 X (v. tabela 10-1) se impune iluminarea minimă de 400 lx.

În aceste condiții, economicitatea în exploatare a iluminatului fluorescent dispare. Puterea instalată pentru iluminatul fluorescent este în medie cu circa 130% mai mare decît cea necesară pentru a asigura un iluminat incandescent la nivel de iluminare echivalent. Cheltuielile anuale pentru iluminatul fluorescent sînt în medie de 1,4 ori mai mari decît pentru iluminatul incandescent (aceasta provine și din faptul că întreținerea iluminatului fluorescent este mai costisitoare; lămpile fluorescente au o viteză de depreciere prin murdărire mai mare).

3. Concluzii. Din cele arătate reiese că nu se poate stabili, cu aplicabilitate generală, prioritatea unui anumit tip de sursă luminoasă; alegerea acestora trebuie să se facă, de la caz la caz, pe baza unei analize temeinice a mai multor factori, ca specificul procesului tehnologic, regimul de exploatare, condițiile de muncă etc., hotărîndu-se ce sursă de lumină este mai potrivită în situația respectivă.

Iluminatul incandescent este de preferat în următoarele cazuri:

- cînd se cer iluminări mici, sub 100 lx;
- cînd în încăperea respectivă se cere și un iluminat local sau local generalizat și cînd acesta, din diferite motive, nu poate fi realizat cu lămpi fluorescente;
- în încăperi în care nu se desfășoară o activitate continuă (vestiare, spălătoare etc.) sau unde lucrează numai muncitori auxiliari (manipulanți, paznici etc.) în număr redus, în raport cu suprafața iluminată (depozite, magazinei etc.);

— în spații cu frecvență mare de conectare a instalației de iluminat;

— în încăperi în care nu se cere o calitate deosebită a iluminatului (uniformitate, dozarea contrastelor etc.), cum sînt depozitele și magazinele în care se depozitează obiecte mari, luminoase, fără necesitatea de a distinge culorile sau de a citi etichete mici etc.);

— în încăperile prevăzute cu iluminat de siguranță, unde apare avantajos să se utilizeze la avarie lămpi de aceeași tensiune (sau aceleași lămpi) ca la funcționarea normală;

— în încăperile în care trecerea de la iluminatul normal, la cel de siguranță „pentru continuarea lucrului” trebuie să se facă instantaneu (încăperi în care întreruperea chiar de scurtă durată a iluminatului poate provoca accidente);

— în general în încăperile în care se lucrează într-un singur schimb;

— în halele înalte folosindu-se lămpi de mare putere (500—1 000 W), cînd nu se cer condiții deosebite de calitate;

— nu se recomandă pentru iluminatul local unde se cer iluminări ridicate (din cauza degajărilor mari de căldură).

Iluminatul fluorescent cu lămpi tubulare de joasă presiune se recomandă:

— în încăperile în care se lucrează în două sau trei schimburi;

— cînd se cer niveluri de iluminare mai mari decît echivalentul lui de 100 lx la iluminatul incandescent;

— cînd nu se utilizează și iluminat local (sau local generalizat), sau cînd acesta se poate realiza cu lămpi fluorescente;

— cînd se cere o calitate deosebită a iluminatului (uniformitate, străluciri reduse, necesitatea de a distinge culorile etc.);

— în încăperile blindate (fără lumină naturală), dacă în acestea se desfășoară o activitate de durată (cîteva ore pe schimb);

— în încăperile cu frecvență mică de conectare a instalației;

— la iluminatul de siguranță, numai dacă la avarie se dispune de aceeași tensiune alternativă ca și în regim normal și numai dacă nu există exigențe în privința promptitudinii intervenției iluminatului de siguranță;

— dacă se contează pe o amortizare rapidă a costului instalațiilor de iluminat, ca urmare a economiilor realizate prin ridicarea indicatorilor de producție (productivitate, calitate etc.) și costul superior de investiție al iluminatului fluorescent nu mai apare prohibitiv.

Iluminatul fluorescent cu lămpi de presiune ridicată se poate folosi:

- în hale înalte, în cazurile în care nu este necesară stingerea culorilor (în vederea ameliorării compoziției luminii în astfel de hale, se pot asocia și lămpi cu incandescență, montate în același corp de iluminat, sau la aceeași înălțime cu corpurile de iluminat cu vaporii de mercur);

- în spații exterioare de lucru sau de depozitare;

- nu este indicat în încăperile în care se prevede iluminat local, sau iluminat local generalizat;

- nu se poate folosi la înălțimi mici în iluminatul local din cauza strălucirii mari a lămpilor;

- nu se poate folosi în iluminatul de siguranță (lămpile având o inerție mare la aprindere) și în încăperi cu regim des de conectare (întârziere în revenire și scurtarea duratei de funcționare).

Indicații de utilizare a lămpilor fluorescente în funcție de caracteristicile colorimetrice ale acestora:

- lampa simbol 1 (alb lumina zilei) și lampa simbol 1X (alb lumina zilei corectat) au culoarea foarte apropiată de cea a luminii solare; aceste lămpi sînt recomandate pentru iluminatul încăperilor de producție din fabrici și ateliere, în cazurile în care sînt necesare niveluri de iluminare ridicate (peste 400 lx) și în special pentru iluminatul halelor blindate (care nu sînt prevăzute cu iluminat natural);

- lampa simbol 2 (alb) are un flux luminos care se armonizează foarte bine cu lumina solară; este recomandată pentru completarea iluminatului natural în încăperile în care pe anumite perioade de timp se lucrează cu un amestec de iluminat natural și artificial, ca birouri, școli, încăperi de producție din fabrici și ateliere; de asemenea este recomandată și pentru iluminatul exterior;

- lampa simbol 2X (alb superior) asigură o foarte bună redare a culorilor și creează impresia și ambianța caracteristică iluminării naturale; este recomandată pentru iluminatul încăperilor în care este necesară redarea corectă a culorilor, cum sînt: secțiile fabricilor de textile și confecții, de ceramică și sticlărie, atelierele poligrafice, expozițiile de pictură etc., precum și pentru iluminatul magazinelor, al birourilor și al locuințelor;

- lampa simbol 3 (alb cald) are o eficacitate luminoasă ridicată, însă compoziția spectrală a acestora nu asigură redarea corectă a culorilor; este recomandată pentru iluminatul exterior, al străzilor, al parcurilor etc.;

- lampa simbol 3X (alb cald superior) are fluxul luminos pretabil la combinarea cu fluxul lămpilor cu incandescență; creează o ambianță plăcută și o redare corectă a culorilor; este recomandată pentru iluminatul încăperilor în care se cere o redare corectă a culorilor, cum este cazul atelierelor de artă, al expozițiilor, al librăriilor, al magazinelor alimentare, al restaurantelor etc.; *se va prefera față de lampa 2X cînd apare necesitatea armonizării iluminatului fluorescent cu iluminatul incandescent;*

- lămpile cu vaporii de mercuri de înaltă presiune, simbol LVF, sînt recomandate pentru iluminatul exterior, al arterelor de circulație, precum

și pentru cel interior cînd există posibilitatea de montaj al surselor de iluminat la o înălțime mai mare decît 8 m (hale înalte), dar numai în cazurile în care nu se cer condiții pentru redarea corectă a culorilor.

C. CALCULUL ILUMINĂRII

Pentru determinarea prin calcul a iluminării se practică diferite metode, dintre care mai uzuale sînt: metoda punct cu punct, metoda factorului de utilizare și metoda puterii specifice. Alegerea metodei se face în funcție de destinația iluminatului (pentru interior sau exterior), de forma și dimensiunile surselor luminoase, de modul de așezare a acestora etc., precum și de gradul de precizie ce se urmărește în calculul luminotehnic respectiv.

1. **Metoda de calcul punct cu punct.** Această metodă permite determinarea iluminării într-un punct dat, în funcție de poziția acestuia față de sursa de iluminat, și totodată a componentelor iluminării după planul vertical, respectiv orizontal, în punctul considerat.

Metoda prezintă un grad de precizie satisfăcător în cazurile în care iluminarea în punctul considerat este determinată de fluxul direct al izvorului luminos, acțiunea elementelor reflectante înconjurătoare fiind neglijabilă; de asemenea în iluminatul exterior și în cel interior, în cazul încăperilor cu dimensiuni foarte mari, al celor cu pereți și tavan cu coeficienți de reflexie reduși și în cazul iluminatului local.

La aplicarea metodei punct cu punct se utilizează relații de calcul stabilite pentru diferite ipoteze de așezare a punctului considerat; în funcție de forma și dimensiunile izvorului luminos.

a. *Calculul iluminării produse de izvoare punctiforme.* Izvorul luminos este considerat punctiform dacă dimensiunea sa maximă este de cel puțin cinci ori mai mică decît distanța pînă la punctul iluminat.

Lampa cu incandescență reprezintă tipul caracteristic de izvor luminos punctiform.

În fig. 10-11 sînt indicate elementele geometrice cu ajutorul cărora se determină iluminarea produsă de izvoarele luminoase punctiforme în diferite ipoteze de așezare a punctului cercetat.

În cazul punctului A (proiecția izvorului luminos pe planul util), iluminarea este dată de relația

$$E_A = \frac{I_0}{h^2} \cdot \frac{1}{\Delta},$$

Δ — factorul de depreciere admis pentru instalația de iluminat considerată și se determină de la caz la caz cu ajutorul tabelelor 10-6 și 10-7;

r și h — distanțe, în m.

În cazurile când punctul considerat este iluminat de mai multe izvoare luminoase, iluminarea totală se obține prin însumarea iluminărilor determinate de fiecare izvor, utilizând, după caz, relațiile E_{PN} , E_{PV} și E_{PH} .

În tabela 10-8 sînt date valorile unghiului θ și ale funcțiunilor trigonometrice folosite în relațiile de mai sus, calculate în funcție de raportul cunoscut $\frac{l}{h} = \operatorname{tg} \theta$.

Exemplul 10-1. Se cere să se calculeze iluminarea orizontală pe care patru surse de lumină așezate în colțurile unui pătrat, cu semidiagonala $l=2$ m, o produc în punctul P situat la intersecția diagonalelor pătratului. Sursele montate la aceeași înălțime $h=4$ m au o repartitie uniformă, cu intensitatea luminoasă în orice direcție $I=120$ cd. Factorul de depreciere a instalației este $\Delta=1,5$.

Pentru calculul iluminării produse de o singură sursă se aplică formula

$$E_{PH} = \frac{I_{\theta} \cos^3 \theta}{h^2} \cdot \frac{1}{\Delta}.$$

Pornindu-se de la $\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{h} = \frac{2}{4} = 0,5$ (v. fig. 10-11), se obține din tabela 10-8, $\cos^3 \theta = 0,716$, deci

$$E_{PH} = \frac{120 \times 0,716}{4^2} \cdot \frac{1}{1,5} \approx 3,6 \text{ lx.}$$

Iluminarea totală produsă de cele patru surse, este

$$E_{TPH} = 4 \times 3,6 \approx 14 \text{ lx.}$$

b. Calculul iluminării produse de izvoare liniare. La un astfel de izvor luminos lungimea întrece cu mult celelalte dimensiuni, care practic sînt neglijabile față de distanța pînă la punctul iluminat. Lampa fluorescentă tubulară reprezintă practic tipul de izvor liniar în cazul iluminatului local; în cazul iluminatului general, șirul de lămpi tubulare fluorescente este considerat izvor liniar. Lămpile fluorescente sînt considerate izvoare perfect difuzante, condiție necesară pentru utilizarea relațiilor de calcul indicate în cele ce urmează.

Tabel 10-8. Funcțiunile trigonometrice folosite la calculul iluminatului

$\frac{l}{h} = \operatorname{tg} \theta$	θ		sin θ	cos θ	sin ² θ	cos ² θ	cos ³ θ	sin $\theta \times$ cos ² θ
	grade	radiani						
0,00	0°00'	0,000	0,000	1,000	0,0000	1,0000	1,000	0,000
0,05	2°52'	0,050	0,050	0,999	0,0025	0,9975	0,996	0,050
0,10	5°43'	0,100	0,100	0,995	0,010	0,990	0,985	0,099
0,15	8°32'	0,149	0,148	0,989	0,022	0,978	0,967	0,145
0,20	11°19'	0,197	0,196	0,981	0,032	0,961	0,943	0,189
0,25	14°02'	0,245	0,243	0,970	0,059	0,941	0,93	0,228
0,30	16°42'	0,291	0,287	0,958	0,083	0,917	0,879	0,264
0,35	19°17'	0,337	0,330	0,944	0,109	0,891	0,841	0,294
0,40	21°48'	0,380	0,371	0,929	0,138	0,862	0,800	0,320
0,45	24°14'	0,423	0,410	0,912	0,168	0,832	0,758	0,341
0,50	26°34'	0,464	0,447	0,894	0,200	0,800	0,716	0,358
0,60	30°58'	0,540	0,515	0,857	0,265	0,735	0,630	0,378
0,70	53°00'	0,611	0,574	0,819	0,329	0,671	0,550	0,385
0,80	38°40'	0,675	0,625	0,781	0,390	0,610	0,476	0,381
0,90	41°59'	0,733	0,609	0,743	0,447	0,553	0,411	0,371
1,00	45°00'	0,785	0,707	0,707	0,500	0,500	0,354	0,354
1,10	47°44'	0,833	0,740	0,673	0,548	0,452	0,304	0,335
1,20	50°12'	0,876	0,768	0,640	0,590	0,410	0,262	0,315
1,30	52°26'	0,905	0,793	0,610	0,628	0,372	0,227	0,295
1,40	54°28'	0,951	0,814	0,581	0,662	0,338	0,196	0,275
1,50	56°19'	0,983	0,832	0,555	0,692	0,308	0,171	0,256
1,60	58°00'	1,012	0,848	0,530	0,719	0,281	0,149	0,238
1,80	60°57'	1,064	0,874	0,486	0,764	0,236	0,114	0,206
2,00	63°26'	1,107	0,894	0,447	0,800	0,200	0,0895	0,179
2,20	65°33'	1,144	0,910	0,414	0,829	0,171	0,0709	0,156
2,40	67°28'	1,176	0,923	0,355	0,852	0,148	0,0569	0,137
2,60	68°58'	1,204	0,933	0,359	0,871	0,129	0,0462	0,120
2,80	70°21'	1,228	0,942	0,336	0,887	0,113	0,0380	0,106
3,00	71°34'	1,249	0,949	0,316	0,900	0,100	0,0316	0,095
3,50	74°03'	1,292	0,962	0,235	0,924	0,076	0,0208	0,073
4,00	75°58'	1,326	0,970	0,242	0,941	0,059	0,0143	0,057
4,50	77°28'	1,352	0,976	0,17	0,953	0,047	0,0102	0,046
5,00	78°41'	1,373	0,981	0,196	0,961	0,039	0,0076	0,038
5,50	79°42'	1,391	0,984	0,179	0,968	0,032	0,0057	0,031
6,00	80°32'	1,406	0,986	0,164	0,973	0,027	0,0045	0,027
6,50	81°15'	1,418	0,988	0,152	0,977	0,023	0,0035	0,023
7,00	81°52'	1,429	0,990	0,141	0,980	0,020	0,0028	0,020
7,50	82°24'	1,438	0,991	0,132	0,983	0,017	0,0023	0,017
8,00	82°53'	1,447	0,992	0,124	0,985	0,015	0,0019	0,015
8,50	83°17'	1,454	0,993	0,117	0,986	0,014	0,0016	0,014
9,00	83°40'	1,460	0,994	0,110	0,988	0,012	0,0013	0,012
9,50	83°59'	1,466	0,995	0,105	0,989	0,011	0,0012	0,011
10,00	84°17'	1,471	0,995	0,100	0,990	0,001	0,0010	0,010

Mărimile l , h și θ au semnificațiile din fig. 10-11.

În fig. 10-12, 10-13 și 10-14 sînt indicate elementele geometrice ce se iau în considerare pentru aplicarea relațiilor de calcul în diferite ipoteze de așezare a punctului cercetat.

În relațiile care urmează s-au folosit următoarele notații:

$I_u = \frac{\Phi_0}{\pi^2 L} \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}} \right]$ este intensitatea luminoasă pe unitatea de lungime a izvorului luminos de lungime $L_{[\text{m}]}$ care emite fluxul total $\Phi_{0[\text{lm}]}$;

L, h, d, D sînt dimensiuni, în m;

β și γ — unghiuri, în rad.;

În cazul punctului P_1 (proiecția extremității A a izvorului luminos, din fig. 10-12) se obține:

— componenta orizontală a iluminării, cu relația

$$E_{1H} = \frac{I_u}{2h} \left(\frac{hL}{h^2 + L^2} + \arctg \frac{L}{h} \right) \frac{1}{\Delta} = \frac{I_u}{2h} (\sin \theta \cos \theta + \theta) \frac{1}{\Delta};$$

— componenta verticală a iluminării, cu relația

$$E_{1V} = \frac{I_u}{2h} \left(\frac{L^2}{h^2 + L^2} \right) \frac{1}{\Delta} = \frac{1}{\Delta} \cdot \frac{I_u}{2h} \sin^2 \theta.$$

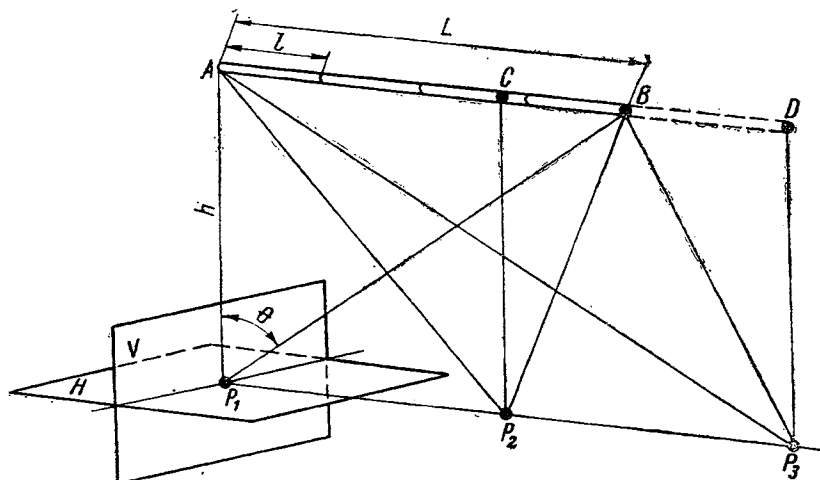


Fig. 10-12. Elementele pentru calculul iluminării produse de un izvor luminos linear în puncte cuprinse în planul vertical al izvorului luminos.

În oricare alte puncte aflate în planul vertical ce trece prin şirul luminos (fig. 10-12), iluminarea (orizontală şi verticală) se obţine prin însumarea algebrică a valorilor obţinute cu ajutorul relaţiilor E_{1H} şi E_{1V} , ţinând seama de aportul pe care îl aduce diferitele segmente ale izvorului luminos; astfel:

— în cazul punctului P_2 segmentele AC şi CB ale izvorului determină iluminarea

$$E_2 = E_{AC} + E_{CB},$$

— în cazul punctului P_3 , ţinându-se seama de segmentul fictiv BD al izvorului luminos, iluminarea rezultată se determină cu relaţia

$$E_3 = E_{AD} - E_{BD}.$$

În cazurile când izvorul luminos se întinde în ambele părţi ale punctului curent P şi lungimea L a izvorului este mare în raport cu înălţimea h (fig. 10-13), se determină:

— iluminarea orizontală E_H cu relaţia

$$E_H^\infty = \frac{\pi I_u}{2h} \cdot \frac{1}{\Delta};$$

— iluminarea verticală E_V cu relaţia

$$E_V^\infty = \frac{I_u}{2h} \cdot \frac{1}{\Delta}.$$

Dacă punctul cercetat Q este aflat în afara planului vertical al izvorului luminos liniar, la distanţa ortogonală d faţă de proiecţia A a izvorului luminos (fig. 10-14), se poate determina:

— iluminarea orizontală E_h cu relaţia

$$E_h = E_H \cos \gamma = E_H \frac{h}{\sqrt{d^2 + h^2}};$$

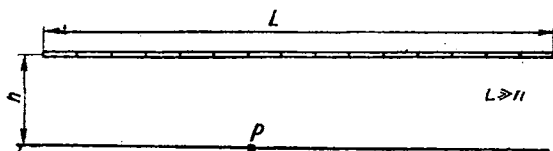


Fig. 10-13. Elementele geometrice pentru calculul iluminării în cazul şirurilor luminoase foarte lungi.

— iluminarea verticală E_V cu relația

$$E_V = E_H \sin \gamma = E_H \cdot \frac{d}{\sqrt{d^2 + h^2}}.$$

În aceste relații mărimea E_H se stabilește cu relația E_{1H} dată, adaptată la condițiile geometrice indicate în fig. 10-13.

$$E_H = \frac{I_u}{2D} \left(\frac{DL}{D^2 + L^2} + \arctg \frac{L}{D} \right) \frac{1}{\Delta} = \frac{I_u}{2D} (\sin \theta \cdot \cos \theta + \theta) \frac{1}{\Delta}.$$

c. *Calculul iluminării produse de izvoare întinse (de suprafață).* Acestea sînt realizate sub formă de panouri luminoase dreptunghiulare și sînt prevăzute cu dispozitive dispersoare, fiind considerate surse luminoase perfect difuzante.

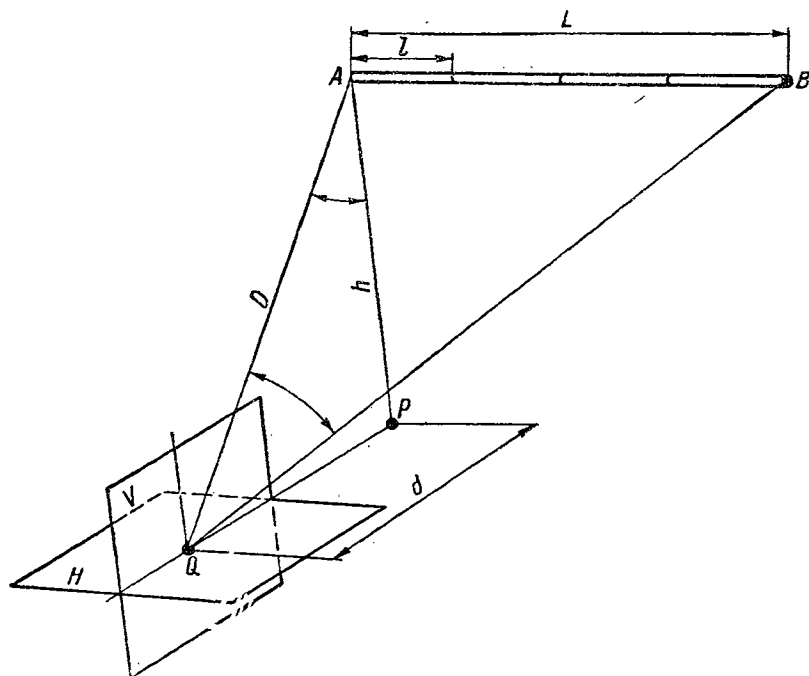


Fig. 10-14. Elementele pentru calculul iluminării produse de un izvor luminos liniar într-un punct aflat în afara planului vertical al șirului luminos.

Pentru determinarea iluminării, punct cu punct, în cazul așezării panoului luminos paralel cu suprafața iluminată, trebuie cunoscute elementele geometrice indicate în fig. 10-15 și radianța R [lx], caracteristică a panoului (aceasta trebuie să fie indicată de producător); iluminarea în punctul P se determină cu relația

$$E = R \frac{e}{100} \cdot \frac{1}{\Delta},$$

în care valoarea factorului $e = f\left(\frac{b}{h}; \frac{a}{h}\right)$ se obține din nomograma Ratner dată în fig. 10-16.

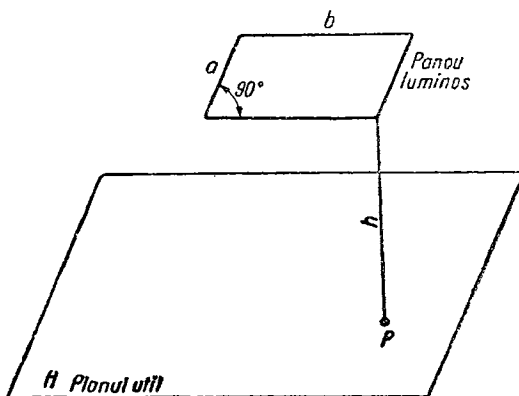


Fig. 10-15. Elementele geometrice pentru calculul iluminării produse de un panou luminos.

Exemplul 10-2. Se cere să se calculeze iluminarea produsă în punctul P (v. fig. 10-15) de un panou luminos care are dimensiunile $a=2$ m și $b=6$ m; panoul este montat la înălțimea $h=4$ m și are radianța $R=1\,000$ lx. Instalația de iluminat este afectată de un factor de depreciere $\Delta=1,5$.

Se stabilesc rapoartele:

$$\frac{a}{h} = \frac{2}{4} = 0,5 \quad \text{și} \quad \frac{b}{h} = \frac{6}{4} = 1,5.$$

În nomograma din fig. 10-16 se determină punctul care are drept ordonată valoarea $\frac{b}{h}=1,5$ și drept abscisă valoarea $\frac{a}{h}=0,5$; acestui punct îi corespunde $e=11$ pe curba respectivă.

Se calculează iluminarea în punctul P cu relația

$$E = R \frac{e}{100} \cdot \frac{1}{\Delta} = 1\,000 \cdot \frac{11}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \approx 73 \text{ lx},$$

Punctul cercetat poate să se găsească în afara proiecției unui virf al panoului luminos, în ipotezele a , b , c indicate în fig. 10-17.

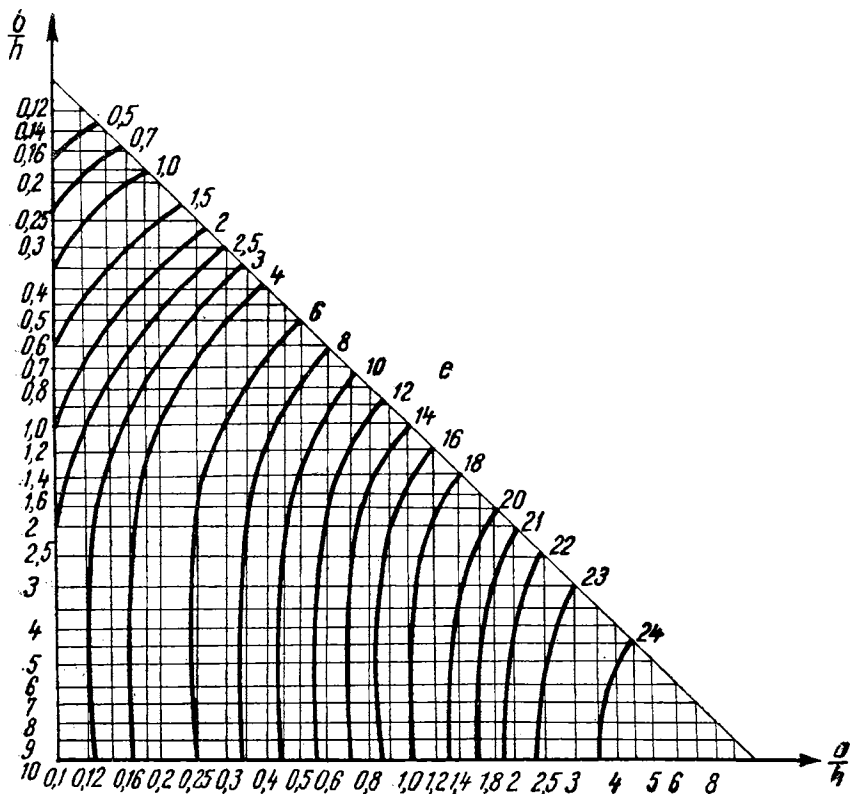


Fig. 10-16. Nomograma Ratner.

În aceste cazuri iluminarea în punctul P se stabilește prin însumarea algebrică a iluminărilor determinate de fiecare dintre panourile parțiale ce se pot obține, astfel încât punctul cercetat să apară ca proiecția unui colț al acestor panouri, reale sau fictive.

Iluminările corespunzătoare panourilor fictive se consideră cu semnul minus și pentru aceste panouri se ia în calcul aceeași radianță R ca și pentru panoul real, astfel:

— în ipoteza a , iluminarea apare ca urmare a acțiunii panourilor reale 1, 2, 3 și 4, adică

$$E_a = E_1 + E_2 + E_3 + E_4;$$

— în ipoteza b , ținându-se seama de panourile fictive 2 și 4, relația devine

$$E_b = E_{12} - E_2 + E_{34} - E_4;$$

— în ipoteza c relația se stabilește analog,

$$E_c = E_{1234} - E_{13} - E_{34} + E_3.$$

În relațiile E_a , E_b și E_c iluminările date de panourile parțiale se stabilesc cu relația $E = R \frac{e}{100} \cdot \frac{l}{\Delta}$ și cu ajutorul nomogramei Ratner (v. fig. 10-16).

2. Metoda factorului de utilizare. Cu ajutorul acestei metode se determină fluxul luminos necesar (respectiv puterea necesară) pentru realizarea pe planul util a unei iluminări orizontale medii.

Metoda are o largă aplicare la proiectarea iluminatului interior, în spații limitate, în cazurile în care plafonul și pereții au coeficienți de reflexie și de difuzie apreciable. Iluminarea planului util apare în acest caz ca rezultatul acțiunii simultane a fluxului direct și a

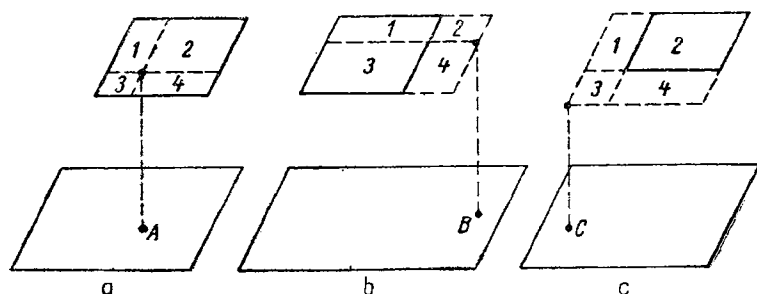


Fig. 10-17. Diferite ipoteze (a , b și c) de așezare a punctului cercetat față de panoul luminos.

fluxului indirect (reflectat). În iluminatul interior, planul util se socotește la înălțimea de 1 m deasupra pardoselii.

Factorul de utilizare u , de care se ține seama la aplicarea acestei metode, este definit prin raportul dintre fluxul luminos util (fluxul incident pe planul util) și fluxul total al surselor de lumină:

$$u = \frac{\Phi_u}{\Phi_T}$$

Fluxul total necesar se determină cu relația

$$\Phi_T = \frac{E_{med} S \Delta}{u K_{min}} \text{ [lm]},$$

în care: E_{med} este iluminarea orizontală medie impusă, în lx;
 $S = a \times b$ — aria care se iluminează, în m²;

$K_{min} = \frac{E_{min}}{E_{med}}$ — coeficientul de uniformitate luat în considerare,
 conform indicațiilor date (v. cap. X, 2);

Δ — factorul de depreciere, ales conform STAS 6646-62 revizuit și indicațiilor date (v. cap. X, 4).

Factorul de utilizare u se alege din tabelele 10-9...10-16 în funcție de: indicele încăperii i , coeficientul de reflexie al tavanului ρ_t , și cel al pereților ρ_p ; randamentul corpului de iluminat R_c și sistemul de iluminat.

Indicele încăperii i se calculează cu relația¹⁾

$$i = \frac{0,8a + 0,2b}{h},$$

în care: a este latura mică a încăperii;

b — latura mare;

h — înălțimea izvorului luminos deasupra planului util în cazul iluminatului direct, semidirect și mixt, sau înălțimea plafonului deasupra planului util în cazul iluminatului indirect, semiindirect sau difuz.

¹⁾ Tabelele cu factori de utilizare ai corpurilor de iluminat fabricate în țara noastră sînt calculate pe baza indicilor i determinați prin această relație.

O dată fluxul total determinat se poate continua calculul pe două căi:

— dacă se cunoaște numărul N de surse (lămpi) din condițiile de așezare a acestora, se poate determina fluxul necesar ce revine unei surse cu relația

$$\Phi_1 = \frac{\Phi_T}{N};$$

se alege apoi tipul de lampă corespunzător conform datelor din tabelele 10-9 ... 10-16;

— dacă se pornește de la caracteristicile cunoscute ale lămpii (presupunînd cunoscut fluxul inițial al lămpii din tabelele 2-39,

Tabela 10-9. Factorii de utilizare pentru corpurile uzuale de iluminat incandescent

Tipul corpului de iluminat	Indicele încăperii I	Coeficientul de reflexie al tavanului									Coeficientul de depreciere
		0,7			0,5			0,3			
		Coeficientul de reflexie al pereților									
		0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	
Pendul cu glob opal	1	0,20	0,15	0,12	0,18	0,13	0,10	0,15	0,11	0,09	1,40
	1,2	0,24	0,18	0,15	0,21	0,16	0,13	0,17	0,14	0,11	
	1,5	0,28	0,23	0,19	0,24	0,20	0,16	0,21	0,17	0,14	
	2	0,34	0,29	0,25	0,30	0,25	0,21	0,25	0,21	0,18	
	2,5	0,39	0,33	0,29	0,33	0,29	0,25	0,28	0,25	0,22	
	3	0,42	0,37	0,32	0,36	0,32	0,28	0,31	0,27	0,24	
	4	0,46	0,42	0,38	0,40	0,36	0,33	0,34	0,31	0,29	
	5	0,50	0,45	0,42	0,43	0,40	0,37	0,37	0,34	0,32	
	6	0,52	0,48	0,45	0,45	0,42	0,39	0,39	0,36	0,34	
	8	0,55	0,52	0,49	0,48	0,45	0,43	0,42	0,39	0,37	
10	0,57	0,54	0,51	0,50	0,48	0,46	0,43	0,41	0,40		
Pendul difuzant cu reflector emailat „Medias”	1	0,25	0,19	0,16	0,24	0,19	0,16	0,23	0,19	0,16	1,30
	1,2	0,29	0,24	0,20	0,28	0,23	0,20	0,28	0,23	0,19	
	1,5	0,35	0,29	0,25	0,34	0,29	0,25	0,33	0,28	0,25	
	2	0,42	0,37	0,33	0,41	0,36	0,33	0,40	0,36	0,33	
	2,5	0,47	0,42	0,38	0,46	0,42	0,38	0,45	0,41	0,38	
	3	0,50	0,46	0,42	0,49	0,45	0,42	0,49	0,45	0,42	
	4	0,55	0,51	0,48	0,54	0,51	0,48	0,5	0,51	0,48	
	5	0,58	0,55	0,52	0,58	0,55	0,52	0,57	0,54	0,52	
	6	0,61	0,58	0,55	0,60	0,57	0,55	0,59	0,57	0,55	
	8	0,64	0,61	0,59	0,63	0,61	0,59	0,62	0,61	0,59	
10	0,65	0,63	0,62	0,65	0,63	0,62	0,64	0,63	0,62		

Tabela 10-10. Factorii de utilizare pentru diferite soluții de iluminat cu lămpi incandescente

Tipul corpului de iluminat	Randamentul corpului R_c	Indicele înăl- țării l	Coeficientul de reflexie al tavanului									Coeficientul de depreciere
			0,7			0,5			0,3			
			Coeficientul de reflexie al pereților									
			0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	
Direct	↑ 0 75 75 ↓	1	0,20	0,17	0,15	0,20	0,17	0,15	0,20	0,17	0,14	1,25
		1,2	0,24	0,20	0,17	0,23	0,20	0,17	0,23	0,20	0,17	
		1,5	0,28	0,24	0,21	0,27	0,24	0,21	0,27	0,24	0,21	
		2	0,33	0,30	0,27	0,33	0,30	0,27	0,32	0,29	0,27	
		2,5	0,37	0,34	0,31	0,37	0,33	0,31	0,36	0,33	0,31	
		3	0,40	0,37	0,35	0,40	0,37	0,35	0,39	0,37	0,35	
		4	0,45	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	
		6	0,50	0,43	0,46	0,49	0,48	0,46	0,49	0,48	0,46	
		8	0,53	0,51	0,50	0,52	0,51	0,50	0,52	0,51	0,50	
		10	0,55	0,54	0,53	0,55	0,54	0,53	0,54	0,54	0,53	
Semidirect	↑ 17 80 63 ↓	1	0,18	0,15	0,13	0,17	0,14	0,13	0,17	0,14	0,12	1,35
		1,2	0,21	0,18	0,16	0,20	0,17	0,15	0,19	0,16	0,14	
		1,5	0,25	0,22	0,19	0,24	0,21	0,18	0,22	0,20	0,17	
		2	0,30	0,27	0,24	0,28	0,26	0,23	0,27	0,25	0,22	
		2,5	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,30	0,28	0,26	
		3	0,37	0,39	0,31	0,35	0,32	0,30	0,32	0,30	0,29	
		4	0,40	0,38	0,36	0,39	0,37	0,35	0,37	0,35	0,33	
		6	0,45	0,44	0,42	0,43	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	
		8	0,48	0,47	0,45	0,46	0,46	0,44	0,43	0,42	0,41	
		10	0,48	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,45	0,44	
Difuz	↑ 39 80 41 ↓	1	0,13	0,10	0,08	0,12	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	1,45
		1,2	0,15	0,12	0,10	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07	
		1,5	0,19	0,15	0,13	0,16	0,13	0,12	0,10	0,09	0,09	
		2	0,23	0,19	0,17	0,19	0,17	0,14	0,12	0,12	0,12	
		2,5	0,25	0,22	0,19	0,21	0,19	0,17	0,14	0,14	0,13	
		3	0,27	0,24	0,22	0,24	0,21	0,19	0,16	0,16	0,15	
		4	0,31	0,28	0,25	0,26	0,25	0,22	0,19	0,19	0,18	
		6	0,35	0,32	0,30	0,30	0,28	0,26	0,23	0,23	0,22	
		8	0,37	0,35	0,33	0,33	0,31	0,29	0,25	0,25	0,25	
		10	0,39	0,37	0,35	0,34	0,33	0,31	0,27	0,27	0,27	
Semi indirect	↑ 59 80 21 ↓	1	0,12	0,09	0,08	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	1,50
		1,2	0,14	0,12	0,10	0,14	0,09	0,08	0,06	0,05	0,05	
		1,5	0,17	0,15	0,12	0,14	0,12	0,10	0,07	0,07	0,07	
		2	0,20	0,18	0,16	0,16	0,14	0,13	0,09	0,09	0,09	
		2,5	0,23	0,20	0,19	0,19	0,17	0,15	0,11	0,11	0,10	
		3	0,25	0,22	0,20	0,20	0,18	0,17	0,12	0,12	0,12	
		4	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,19	0,14	0,14	0,14	
		6	0,31	0,29	0,28	0,25	0,24	0,22	0,17	0,17	0,17	
		8	0,34	0,32	0,31	0,27	0,26	0,24	0,19	0,19	0,19	
		10	0,35	0,33	0,32	0,28	0,27	0,20	0,20	0,19	0,19	

Tabela 10-10 (continuare)

Tipul corpului de iluminat	Randamentul corpului R_c	Indicele încl. perii i	Coeficientul de reflexie al tavanului									Coeficientul de depresiune
			0,7			0,5			0,3			
			Coeficientul de reflexie al pereților									
			0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	
Indirect	↑ 80 80 0 ↓	1	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	1,55
		1,2	0,13	0,11	0,10	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	
		1,5	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05	
		2	0,19	0,17	0,16	0,19	0,12	0,11	0,08	0,07	0,07	
		2,5	0,22	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,09	0,08	0,08	
		3	0,24	0,22	0,20	0,17	0,15	0,14	0,10	0,09	0,09	
		4	0,26	0,25	0,23	0,19	0,18	0,17	0,11	0,11	0,10	
		6	0,29	0,29	0,27	0,21	0,20	0,19	0,12	0,12	0,11	
		8	0,31	0,30	0,29	0,22	0,21	0,21	0,13	0,13	0,12	
		10	0,32	0,31	0,30	0,23	0,22	0,22	0,13	0,13	0,13	
Indirect (scafe cu lămpi normale)	↑ 75 75 0 ↓	1	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	1,65
		1,2	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	
		1,5	0,10	0,09	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	
		2	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03	
		2,5	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	
		3	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,05	0,05	0,04	
		4	0,16	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,06	0,05	0,05	
		6	0,18	0,17	0,15	0,12	0,10	0,10	0,07	0,06	0,05	
		8	0,19	0,18	0,16	0,12	0,12	0,11	0,07	0,07	0,06	
		10	0,20	0,18	0,17	0,13	0,12	0,11	0,08	0,07	0,07	
Indirect (scafe cu lămpi oglindate)	↑ 85 85 0 ↓	1	0,11	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	1,55
		1,2	0,12	0,10	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	
		1,5	0,14	0,12	0,10	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	
		2	0,17	0,12	0,10	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	
		2,5	0,20	0,18	0,16	0,13	0,12	0,11	0,07	0,07	0,06	
		3	0,31	0,19	0,17	0,14	0,13	0,11	0,08	0,07	0,07	
		4	0,23	0,21	0,20	0,16	0,14	0,13	0,09	0,08	0,08	
		6	0,26	0,24	0,22	0,17	0,16	0,14	0,10	0,09	0,09	
		8	0,27	0,26	0,24	0,18	0,17	0,15	0,10	0,10	0,10	
		10	0,28	0,27	0,25	0,19	0,18	0,16	0,10	0,10	0,10	

Notă. În coloana randamentului sînt indicate și fracțiile de flux în sus și în jos.

2-42 și 2-46), înainte de a se fi studiat așezarea surselor luminoase, se poate obține numărul lor

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_l}$$

Tabela 10-11. Factorii de utilizare pentru corpurile de iluminat fluorescent tip CI

Tipul corpului de iluminat	Indicele încă- perii i	Coeficientul de reflexie al tavanului								
		0,7			0,5			0,3		
		Coeficientul de refl xie al pereților								
		0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
CIA, CIB 1×40 W 1×65 W fără grătar dispersor	1,0	0,205	0,170	0,140	0,205	0,170	0,140	0,200	0,170	0,140
	1,2	0,245	0,205	0,175	0,240	0,205	0,175	0,230	0,205	0,175
	1,5	0,290	0,250	0,220	0,285	0,250	0,220	0,280	0,245	0,220
	2,0	0,345	0,305	0,280	0,340	0,305	0,280	0,335	0,300	0,280
	2,5	0,385	0,345	0,315	0,380	0,345	0,315	0,375	0,340	0,315
	3,0	0,415	0,380	0,350	0,410	0,380	0,350	0,400	0,375	0,350
	4,0	0,465	0,435	0,415	0,460	0,430	0,415	0,455	0,430	0,410
	5,0	0,495	0,470	0,445	0,485	0,470	0,450	0,480	0,465	0,445
	6,0	0,515	0,495	0,475	0,510	0,490	0,475	0,505	0,485	0,470
	8,0	0,550	0,535	0,520	0,545	0,530	0,520	0,545	0,525	0,515
10,0	0,570	0,560	0,550	0,565	0,555	0,550	0,565	0,555	0,545	
CIA, CIB 2, 3, 4× ×40 W 2, 3×65 W fără grătar dispersor	1,0	0,190	0,160	0,130	0,190	0,160	0,130	0,185	0,160	0,130
	1,2	0,225	0,190	0,165	0,220	0,190	0,165	0,215	0,190	0,165
	1,5	0,270	0,230	0,205	0,265	0,230	0,205	0,260	0,225	0,205
	2,0	0,320	0,285	0,260	0,315	0,285	0,260	0,310	0,280	0,260
	2,5	0,360	0,320	0,295	0,355	0,320	0,295	0,350	0,315	0,295
	3,0	0,385	0,350	0,325	0,380	0,350	0,325	0,375	0,350	0,325
	4,0	0,430	0,405	0,385	0,425	0,400	0,385	0,420	0,400	0,380
	5,0	0,460	0,435	0,415	0,450	0,435	0,415	0,450	0,430	0,415
	6,0	0,480	0,460	0,440	0,475	0,460	0,445	0,470	0,455	0,435
	8,0	0,510	0,495	0,485	0,505	0,495	0,485	0,505	0,490	0,480
10,0	0,530	0,520	0,510	0,525	0,515	0,510	0,525	0,515	0,505	
CIA, CIB 1×40 W 1×65 W cu grătar dispersor	1,0	0,185	0,160	0,140	0,185	0,160	0,140	0,180	0,160	0,140
	1,2	0,210	0,185	0,165	0,210	0,185	0,165	0,205	0,185	0,165
	1,5	0,240	0,215	0,195	0,240	0,215	0,195	0,235	0,215	0,195
	2,0	0,285	0,260	0,240	0,285	0,260	0,240	0,280	0,260	0,240
	2,5	0,315	0,295	0,280	0,315	0,295	0,280	0,310	0,295	0,280
	3,0	0,340	0,320	0,300	0,340	0,315	0,300	0,335	0,315	0,305
	4,0	0,375	0,360	0,345	0,370	0,360	0,340	0,370	0,350	0,340
	5,0	0,395	0,385	0,370	0,395	0,385	0,370	0,390	0,375	0,370
	6,0	0,415	0,400	0,390	0,405	0,400	0,390	0,405	0,395	0,390
	8,0	0,430	0,425	0,420	0,430	0,425	0,420	0,430	0,425	0,420
10,0	0,445	0,440	0,435	0,440	0,440	0,435	0,440	0,435	0,435	

Tabela 10-11. (continuare)

Tipul corpului de iluminat	Indicele încă- perii <i>i</i>	Coeficientul de reflexie al tavanului								
		0,7			0,5			0,3		
		Coeficientul de reflexie al pereților								
		0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
CIA, CIB 2, 3, 4×40 W 2, 3×65 W cu grătar dispersor	1,0	0,170	0,150	0,130	0,170	0,145	0,130	0,160	0,145	0,130
	1 2	0,190	0,170	0,150	0,190	0,170	0,150	0,185	0,170	0,150
	1,5	0,220	0,195	0,180	0,220	0,195	0,180	0,215	0,195	0,180
	2,0	0,260	0,235	0,220	0,260	0,235	0,220	0,255	0,235	0,220
	2,5	0,285	0,270	0,255	0,285	0,270	0,255	0,280	0,270	0,255
	3,0	0,310	0,290	0,275	0,310	0,285	0,275	0,305	0,285	0,275
	4,0	0,345	0,325	0,315	0,340	0,325	0,310	0,340	0,320	0,310
	5,0	0,360	0,340	0,360	0,350	0,340	0,355	0,355	0,345	0,340
	6,0	0,380	0,365	0,360	0,370	0,365	0,355	0,370	0,360	0,360
	8,0	1,395	0,390	0,380	0,395	0,385	0,380	0,395	0,390	0,380
10,0	0,410	0,405	0,400	0,405	0,405	0,400	0,405	0,400	0,400	

Valorile din tabelă sînt afectate de un factor de depreciere $\Delta \approx 1,4$. Pentru alte valori ale lui Δ , se face corecția corespunzătoare (v. exemplul 10-3).

Tabela 10-12. Factorii de utilizare pentru corpurile de iluminat fluorescent tip CP

Indicele încăperii <i>i</i>	Coeficientul de reflexie al tavanului								
	0,70			0,5			0,3		
	Coeficientul de reflexie al pereților								
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
1,0	0,180	0,150	0,125	0,180	0,150	0,125	0,175	0,150	0,125
1,2	0,215	0,180	0,155	0,210	0,180	0,155	0,205	0,180	0,155
1,5	0,255	0,220	0,195	0,250	0,220	0,195	0,245	0,215	0,195
2,0	0,305	0,270	0,245	0,300	0,270	0,245	0,295	0,265	0,245
2,5	0,340	0,305	0,280	0,335	0,305	0,280	0,330	0,300	0,280
3,0	0,365	0,335	0,310	0,360	0,335	0,310	0,355	0,330	0,310
4,0	0,410	0,385	0,365	0,405	0,380	0,365	0,400	0,380	0,360
5,0	0,435	0,415	0,395	0,430	0,415	0,395	0,425	0,410	0,395
6,0	0,455	0,435	0,420	0,450	0,435	0,420	0,445	0,430	0,415
8,0	0,485	0,470	0,460	0,480	0,470	0,460	0,430	0,465	0,455
10,0	0,505	0,495	0,485	0,500	0,490	0,485	0,500	0,490	0,480

**Tabela 10-13. Factorii de utilizare
pentru corpuri de iluminat fluorescent tip CGA**

Indicele încăperii <i>i</i>	Coeficientul de reflexie al tavanului								
	0,70			0,50			0,30		
	Coeficientul de reflexie al pereților								
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
1	0,27	0,20	0,16	0,24	0,18	0,15	0,21	0,16	0,13
1,2	0,31	0,25	0,20	0,28	0,22	0,18	0,25	0,20	0,16
1,5	0,37	0,31	0,26	0,33	0,28	0,23	0,29	0,25	0,21
2	0,45	0,39	0,34	0,40	0,35	0,31	0,35	0,31	0,28
2,5	0,50	0,44	0,39	0,45	0,40	0,36	0,40	0,36	0,32
3	0,54	0,48	0,44	0,48	0,44	0,40	0,43	0,39	0,36
4	0,60	0,55	0,50	0,54	0,50	0,46	0,48	0,44	0,41
5	0,63	0,59	0,55	0,57	0,53	0,50	0,51	0,48	0,45
6	0,66	0,62	0,59	0,60	0,56	0,53	0,53	0,51	0,48
8	0,70	0,66	0,63	0,63	0,60	0,58	0,55	0,54	0,52
10	0,72	0,69	0,66	0,65	0,63	0,61	0,39	0,57	0,55

**Tabela 10-14. Factorii de utilizare
pentru corpurile de iluminat fluorescent tip CGB**

Indicele încă- perii	Coeficientul de reflexie al tavanului								
	0,7			0,5			0,3		
	Coeficientul de reflexie al pereților								
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
1,0	0,190	0,160	0,140	0,170	0,150	0,130	0,155	0,130	0,155
1,2	0,220	0,190	0,165	0,195	0,175	0,155	0,170	0,155	0,135
1,5	0,260	0,230	0,200	0,230	0,230	0,185	0,200	0,185	0,165
2,0	0,300	0,275	0,250	0,270	0,270	0,230	0,235	0,220	0,205
2,5	0,340	0,315	0,290	0,300	0,300	0,265	0,265	0,245	0,235
3,0	0,365	0,340	0,320	0,325	0,325	0,290	0,280	0,270	0,260
4,0	0,400	0,360	0,360	0,360	0,360	0,325	0,315	0,300	0,290
5,0	0,425	0,415	0,395	0,380	0,380	0,355	0,330	0,325	0,315
6,0	0,445	0,430	0,415	0,395	0,395	0,375	0,350	0,340	0,330
8,0	0,470	0,455	0,455	0,420	0,420	0,400	0,370	0,365	0,355
10,0	0,480	0,470	0,470	0,430	0,430	0,420	0,380	0,375	0,375

**Tabela 10-15. Factorii de utilizare
pentru corpurile de iluminat fluorescent tip CGC**

Indi- cele încă- perii	Coeficientul de reflexie al tavanului								
	0,7			0,5			0,3		
	Coeficientul de reflexie al pereților								
	l	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3
1,0	0,160	0,130	0,115	0,150	0,125	0,105	0,135	0,115	0,100
1,2	0,195	0,160	0,135	0,170	0,145	0,130	0,155	0,135	0,120
1,5	0,225	0,200	0,170	0,205	0,175	0,160	0,190	0,165	0,150
2,0	0,270	0,245	0,220	0,250	0,227	0,210	0,230	0,210	0,195
2,5	0,300	0,275	0,255	0,280	0,260	0,240	0,255	0,240	0,220
3,0	0,330	0,300	0,280	0,300	0,280	0,260	0,275	0,260	0,245
4,0	0,370	0,350	0,330	0,340	0,320	0,310	0,310	0,295	0,285
5,0	0,395	0,375	0,360	0,365	0,350	0,335	0,355	0,325	0,315
6,0	0,405	0,390	0,375	0,375	0,365	0,355	0,350	0,340	0,330
8,0	0,440	0,420	0,410	0,405	0,395	0,385	0,375	0,370	0,360
10,0	0,455	0,445	0,440	0,420	0,415	0,405	0,390	0,485	0,380

Valorile din tabelă sînt afectate de un factor de depreciere $\Delta \approx 1,4$. Pentru alte valori ale lui Δ se face corecția corespunzătoare (v. exemplul 10-3).

După definitivarea numărului de lămpi, potrivit condițiilor de așezare a acestora, se recalculează fluxul real total prin relația

$$\Phi_{RT} = N\Phi_l$$

în care Φ_l este fluxul real al lămpii (v. tabelele 2-39, 2-42 și 2-46).

În final se determină iluminarea medie calculată

$$E'_{med} = \frac{\Phi_{RT} u K_{min}}{SA} [lx].$$

Se recomandă ca iluminarea medie calculată E'_{med} să nu fie mai mică decît iluminarea cerută prin norme E_{med} ; se admite ca E'_{med} să depășească în plus, pînă la o treaptă (din scara nivelurilor de iluminare), iluminarea medie E_{med} normată.

Exemplul 10-3. Se dă o hală industrială cu dimensiunile $a=24$ m și $b=90$ m (v. fig. 10-4), în care trebuie să se realizeze un nivel mediu de

Tabela 10-16. Factorii de utilizare pentru diferite soluții de iluminat cu tuburi fluorescente

Tipul corpului de iluminat	Randa- mentul corpului R_c	Indi- cele încă- perii I	Coeficientul de reflexie al tavanului								
			0,7			0,5			0,3		
			Coeficientul de reflexie al peretilor								
			0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
Direct	↑ 0 75 75 ↓	1	0,18	0,15	0,12	0,18	0,15	0,12	0,17	0,15	0,12
		1,2	0,21	0,18	0,15	0,21	0,18	0,15	0,20	0,18	0,15
		1,5	0,25	0,22	0,19	0,25	0,22	0,19	0,24	0,21	0,19
		2	0,30	0,27	0,24	0,30	0,27	0,24	0,29	0,26	0,24
		2,5	0,34	0,30	0,28	0,33	0,30	0,28	0,33	0,30	0,28
		3	0,36	0,33	0,31	0,36	0,33	0,31	0,35	0,33	0,31
		4	0,41	0,38	0,36	0,40	0,38	0,36	0,40	0,38	0,36
		6	0,45	0,43	0,41	0,44	0,43	0,41	0,44	0,42	0,41
		8	0,48	0,47	0,46	0,48	0,47	0,46	0,48	0,46	0,45
		10	0,50	0,49	0,48	0,50	0,49	0,48	0,50	0,49	0,48
Direct (cu grătar)	↑ 0 55 55 ↓	1	0,15	0,13	0,11	0,15	0,13	0,11	0,14	0,13	0,11
		1,2	0,17	0,15	0,13	0,17	0,15	0,13	0,16	0,15	0,13
		1,5	0,19	0,17	0,16	0,19	0,17	0,16	0,19	0,17	0,16
		2	0,23	0,21	0,19	0,23	0,21	0,19	0,22	0,21	0,19
		2,5	0,25	0,24	0,22	0,25	0,24	0,22	0,25	0,24	0,22
		3	0,27	0,26	0,24	0,27	0,25	0,24	0,27	0,25	0,24
		4	0,30	0,29	0,28	0,30	0,29	0,27	0,30	0,28	0,27
		6	0,32	0,31	0,31	0,32	0,32	0,31	0,32	0,31	0,31
		8	0,35	0,34	0,34	0,35	0,34	0,34	0,35	0,34	0,34
		10	0,36	0,36	0,35	0,36	0,36	0,35	0,36	0,35	0,35
Semidirect	↑ 22 70 48 ↓	1	0,15	0,13	0,11	0,14	0,12	0,10	0,13	0,11	0,09
		1,2	0,18	0,15	0,13	0,16	0,14	0,12	0,15	0,13	0,11
		1,5	0,21	0,19	0,16	0,19	0,17	0,15	0,18	0,16	0,14
		2	0,26	0,23	0,21	0,24	0,21	0,20	0,22	0,20	0,18
		2,5	0,29	0,26	0,24	0,27	0,25	0,23	0,24	0,23	0,21
		3	0,31	0,29	0,27	0,29	0,27	0,25	0,26	0,25	0,23
		4	0,34	0,33	0,31	0,32	0,31	0,29	0,30	0,28	0,27
		6	0,38	0,37	0,35	0,35	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31
		8	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,30	0,35	0,35	0,34
		10	0,45	0,42	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,36
Semidirect (cu grătar)	24 60 36	1	0,13	0,11	0,10	0,12	0,10	0,09	0,11	0,10	0,09
		1,2	0,15	0,13	0,12	0,14	0,12	0,11	0,12	0,11	0,10
		1,5	0,18	0,16	0,14	0,16	0,14	0,13	0,14	0,13	0,12
		2	0,21	0,19	0,17	0,19	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15

Tabela 10-16 (continuare)

Tipul corpului de iluminat	Randa- mentul corpului R_c	Indi- cele încă- perii i	Coeficientul de reflexie al tavanului								
			0,7			0,5			0,3		
			Coeficientul de reflexie al pereților								
			0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
Semidirect (cu grătar)	↑	2,5	0,23	0,22	0,20	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17
	24	3	0,25	0,24	0,22	0,23	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19
	60	4	0,28	0,27	0,25	0,25	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21
	36	6	0,30	0,30	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,24
		8	0,32	0,32	0,31	0,30	0,29	0,29	0,27	0,26	0,26
	↓	10	0,34	0,33	0,33	0,31	0,30	0,30	0,28	0,28	0,27
Mixt (lămpi libere mon- tate pe ta- van)	↑	1	0,18	0,14	0,11	0,15	0,12	0,10	0,13	0,10	0,08
		1,2	0,21	0,17	0,14	0,18	0,15	0,12	0,16	0,13	0,10
		1,5	0,25	0,21	0,18	0,22	0,18	0,15	0,19	0,16	0,11
	50	2	0,30	0,26	0,23	0,26	0,23	0,20	0,22	0,20	0,17
	100	2,5	0,34	0,30	0,26	0,29	0,26	0,23	0,25	0,22	0,20
	50	3	0,36	0,33	0,29	0,32	0,28	0,26	0,27	0,24	0,22
		4	0,41	0,37	0,34	0,36	0,33	0,30	0,31	0,28	0,21
		6	0,45	0,42	0,39	0,40	0,37	0,3	0,34	0,32	0,30
	↓	8	0,49	0,46	0,44	0,45	0,41	0,39	0,37	0,36	0,34
		10	0,51	0,49	0,47	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,37
	Mixt (cu gră- tar montat pe plafon)	↑	1	0,15	0,13	0,11	0,13	0,12	0,10	0,12	0,10
		1,2	0,17	0,15	0,14	0,15	0,13	0,12	0,13	0,12	0,11
		1,5	0,20	0,18	0,17	0,18	0,16	0,15	0,16	0,14	0,13
40		2	0,24	0,22	0,20	0,21	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16
75		2,5	0,27	0,25	0,23	0,24	0,22	0,20	0,20	0,19	0,18
35		3	0,29	0,27	0,25	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20
		4	0,32	0,31	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,23	0,23
		6	0,35	0,34	0,32	0,31	0,30	0,29	0,27	0,26	0,26
↓		8	0,37	0,36	0,35	0,33	0,32	0,32	0,29	0,28	0,28
		10	0,38	0,38	0,37	0,34	0,34	0,33	0,30	0,39	0,39
Semiindirect (cu grătar)		↑	1	0,14	0,12	0,10	0,12	0,10	0,09	0,10	0,09
		1,2	0,16	0,14	0,12	0,14	0,12	0,11	0,12	0,10	0,09
		1,5	0,19	0,17	0,15	0,16	0,15	0,13	0,14	0,12	0,11
	50	2	0,23	0,21	0,19	0,19	0,18	0,16	0,16	0,15	0,14
	75	2,5	0,26	0,24	0,22	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
	25	3	0,28	0,26	0,24	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17
		4	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24	0,21	0,20	0,20
	↓	6	0,34	0,32	0,31	0,28	0,28	0,27	0,23	0,23	0,22

Tabela 10-16 (continuare)

Tipul corpului de iluminat	Randamentul corpului R_c	Indicele încălzirii t	Coeficientul de reflexie al tavanului								
			0,7			0,5			0,3		
			Coeficientul de reflexie al pereților								
			0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
Semiindirect (cu grătar)	↓	8	0,36	0,35	0,34	0,30	0,30	0,29	0,25	0,25	0,24
		10	0,37	0,36	0,36	0,32	0,31	0,30	0,26	0,26	0,25
Indirect (scafe cu tuburi fluorescente)	↑ 70 70 0 ↓	1	0,12	0,10	0,08	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
		1,2	0,14	0,11	0,09	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04
		1,5	0,17	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04
		2	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,07	0,06	0,06
		2,5	0,21	0,20	0,17	0,14	0,13	0,12	0,08	0,07	0,07
		3	0,23	0,21	0,18	0,15	0,14	0,14	0,08	0,08	0,07
		4	0,25	0,23	0,21	0,17	0,15	0,15	0,09	0,09	0,08
		6	0,27	0,25	0,23	0,18	0,17	0,16	0,10	0,09	0,09
		8	0,29	0,27	0,25	0,19	0,18	0,17	0,11	0,10	0,10
		10	0,31	0,28	0,27	0,20	0,19	0,18	0,11	0,11	0,10

Notă. În coloana randamentului sînt indicate și fracțiile de flux în sus și în jos.

iluminare $E_{med}=250$ lx, folosindu-se corpuri de iluminat tip CIA 365, echipate cu lămpi fluorescente tip LFA 65/2 și cu grătar dispersor; corpurile sînt montate direct la plafon, la înălțimea $h=4$ m deasupra planului util (v. fig. 10-6).

Se mai cunosc următoarele date:

- randamentul corpului de iluminat, $R_c=0,68$;
- coeficientul de reflexie al tavanului $\rho_t=0,7$;
- coeficientul de reflexie al pereților $\rho_p=0,5$;
- coeficientul de uniformitate $K_{min}=\frac{E_{min}}{E_{med}}=0,65$ (v. tabela 10-4);
- factorul de depreciere $\Delta=1,8$ (v. tabela 10-6).

Se cere să se calculeze numărul necesar de corpuri de iluminat.

Se determină indicele încălzirii cu formula

$$i = \frac{0,8a + 0,2b}{h} = \frac{0,8 \times 24 + 0,2 \times 90}{4} = 9,3.$$

Cu ajutorul tabelii 10-11 se stabilește factorul de utilizare $u=0,404$, corespunzător corpului de iluminat tip CIA 365, indicelui încălzirii $i=9,3$ și

coeficienților de reflexie $\rho_t=0,7$ și $\rho_p=0,5$ (valoarea 0,404 s-a obținut prin interpolare între valorile 0,395 și 0,410 corespunzătoare indicilor 8 și respectiv 10).

Se calculează fluxul total necesar cu relația

$$\Phi_T = \frac{SE \frac{\Delta}{1,4}}{uK_{min}},$$

în care se ține seama că factorul de utilizare determinat cu ajutorul tabelii este afectat de un factor de depreciere de circa 1,4 (v. nota la tabela 10-11); se obține

$$\Phi_T = \frac{24 \times 90 \times 250 \times \frac{1,8}{1,4}}{0,404 \times 0,65} = 2\,629\,571 \text{ lm.}$$

Ținându-se seama că fluxul util al corpului de iluminat CIA 365 este dat de relația

$$\Phi_c = 3\Phi_{ii}R_c,$$

în care $\Phi_{ii}=3\,960$ lm este fluxul inițial al lămpii LFA 65/2 (v. tabela 2-42), se obține numărul de corpuri de iluminat

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_{ii}} = \frac{2\,629\,571}{3 \times 3\,960 \times 0,68} \approx 330.$$

Acest număr urmează să se definitiveze ținându-se seama și de condițiile de așezare în plan a acestora.

3. Metoda puterii specifice. Aceasta este o metodă de apreciere a puterii necesare — în cazul instalațiilor interioare — pentru realizarea unei iluminări orizontale medii E_{med} prescrisă prin norme. Metoda puterilor specifice are un grad scăzut de precizie, și nu se folosește decât la elaborarea unor faze preliminare de proiectare (studii tehnico-economice, anteproiect).

În cazul iluminatului incandescent, puterea totală este dată de relația

$$P = 10S \frac{E_{med} \Delta}{E_t} [\text{W}],$$

în care: E_t este iluminarea specifică, în lx (tabela 10-17);

S — aria încăperii iluminate, în m^2 ;

Δ — coeficientul de depreciere.

Tabela 10-17. Valorile iluminării E_t , în lx, în cazul lămpilor cu incandescență

Puterea lămpilor W	Tensiunea nominală a lămpilor;					
	120 și 127 V					
	Iluminatul					
	direct	mixt	indirect	direct	mixt	indirect
40	26	22,5	16,5	23	19,5	14,5
60	29	25	18,5	25	21	15,5
100	35	30	22	27	23	17
150	39,5	34	24,5	31	26,5	19,5
200	41,5	36,5	26	34	29,5	21,5
300	44	38	27,5	37	32	23,5
500	48	41	30	41	35	23,5
750	50	42,5	31,5	44,5	38	28
1 000	52	44	32,5	47	40	29,5

Dacă se notează cu p puterea unei lămpi, numărul de lămpi necesare este

$$N = \frac{P}{p}$$

Exemplul 10-4. Se cere să se determine puterea necesară pentru a se realiza într-o încăpere cu dimensiunile $a=8$ m și $b=12$ m un nivel de iluminare mediu $E_{med}=50$ lx. Se folosesc lămpi cu incandescență de 150 W la 220 V și corpuri cu repartiție directă a fluxului luminos; coeficientul de depreciere $\Delta=1,3$.

Se utilizează relația

$$P = 10S \frac{E_{med}}{E_t} \Delta \text{ [w]}.$$

Din tabela 10-17 se obține pentru 150 W la 220 V, iluminat direct, $E_t=31$; deci

$$P=10 \times 12 \times 8 \times \frac{50}{31} \times 1,3 \approx 2\,013 \text{ W}.$$

Se vor prevedea 14 lămpi a 150 W, puterea instalată fiind deci 2 100 W.

În cazul iluminatului fluorescent, puterea totală rezultă din relația

$$P = 52,5 \frac{p S E_{med} \Delta}{s \Phi_1} \text{ [w]},$$

în care: p este puterea unei lămpi, în W;

Φ_l — fluxul luminos al lămpii alese, în lm;

E_{med} — iluminarea medie prescrisă, în lx;

S — aria încăperii iluminate, în m²;

s — aria, în m², care revine unui corp de iluminat convențional (tabela 10-18);

Δ — coeficientul de depreciere.

Exemplul 10-5. Se cere ca în aceeași încăpere menționată la exemplul 10-4 să se realizeze un nivel de iluminare mediu $E_{med}=200$ lx cu lămpi fluorescente tip LFA 40/2 X prevăzute cu reflectoare emailate. Înălțimea încăperii $H=4$ m; factorul de depreciere $\Delta=1,5$; culoarea zugrăvelilor este deschisă.

Tabela 10-18. Suprafața care revine unui singur corp de iluminat convențional, în m²

Tipul corpului de iluminat	Repartiția fluxului luminos	Încăperi					
		largi ($a/H = 4$)		mijlocii ($a/H = 2$)		înguste ($a/H = 1$)	
		Culoarea încăperii					
		deschisă	medie	deschisă	medie	deschisă	medie
Iluminare directă, cu reflector emailat	$\Phi_{jos}=80\%$	23	22	20	18	16	15
Cu mai multe lămpi montate artistic, în special cu lună directă, cu abajur-oglină	$\Phi_{jos}=65\%$ $\Phi_{sus}=15\%$	19	17	16	14	13	12
Cu mai multe lămpi, în special cu lumină directă, cu sticle difuzante	$\Phi_{jos}=45\%$ $\Phi_{sus}=25\%$	14	11	11	9	9	7

OBSERVAȚII.

Culoarea deschisă a încăperii corespunde următorilor coeficienți de reflexie: $\rho_t = 0,75$, pentru tavan; $\rho_p = 0,5$, pentru pereți.

Culoarea medie a încăperii corespunde următorilor coeficienți de reflexie $\rho_t = 0,5$, pentru tavan; $\rho_p = 0,3$, pentru pereți.

$\frac{a}{H}$ reprezintă raportul dintre dimensiunea minimă în plan a încăperii și înălțimea acesteia.

Se folosește relația

$$P = 52,5 \frac{pSE_{med}}{S\Phi_l} \Delta [W].$$

Din tabela 10-18 se obține pentru cazul dat (iluminat direct cu reflector emailat, încăperea largă, cu zugrăveli de culoare deschisă), $S=23 \text{ m}^2$.

Din tabela 2-42 se ia fluxul unei lămpi LFA 40/2 X, $\Phi_l=1750 \text{ lm}$.

Se obține:

$$P = 52,5 \times \frac{40 \times 8 \times 12 \times 200}{23 \times 1750} \times 1,5 \approx 1500 \text{ W}; N = \frac{1500}{40} = 37,5.$$

Se vor monta 38 lămpi de câte 40 W.

D. APRECIEREA PRIN CALCUL A CALITĂȚII ILUMINATULUI

Acest mijloc de apreciere permite să se cunoască, cu o precizie satisfăcătoare, încă din stadiul de proiectare, *calitatea unei instalații de iluminat*. Metoda permite alegerea soluțiilor corespunzătoare pentru limitarea luminanțelor orbitoare ale surselor și pentru stabilirea unor raporturi admisibile de luminanțe în câmpul vizual. Se pot controla astfel efectele de orbire directă și prin contrast (reducerea orbirii prin reflexie rămânând să fie rezolvată printr-o organizare judicioasă a locului de muncă).

În final, metoda conduce la stabilirea unui indice numeric, care reprezintă gradul de orbire ce caracterizează instalația respectivă. Prin compararea acestui indice cu valorile recomandate, pentru diferite categorii de încăperi și procese tehnologice, se pot trage concluzii corespunzătoare asupra calității instalației proiectate. Acționând în mod convenabil asupra elementelor care determină valoarea indicelui de orbire, se pot realiza instalații cu caracteristici ridicate de calitate.

Metoda aceasta de apreciere a calității iluminatului se poate aplica în cazul instalațiilor cu o dispoziție simetrică a surselor luminoase, după ce calculele luminotehnice pentru realizarea nivelului de iluminare necesar au fost efectuate printr-una dintre metodele clasice (metoda punct cu punct, metoda factorului de utilizare etc.).

1. Noțiuni utilizate în aplicarea metodei. Suprafața luminoasă S reprezintă proiecția suprafeței luminoase a corpului de iluminat pe un plan perpendicular pe direcția intensității maxime; se calculează cu relația

$$S = a \times b [\text{cm}^2],$$

în care a și b sînt dimensiunile în plan ale corpului de iluminat, în cm (fig. 10-18). Corpurile de iluminat cu aceleași dimensiuni a și b în plan au aceeași suprafață luminoasă, indiferent de numărul de lămpi cu care sînt echipate.

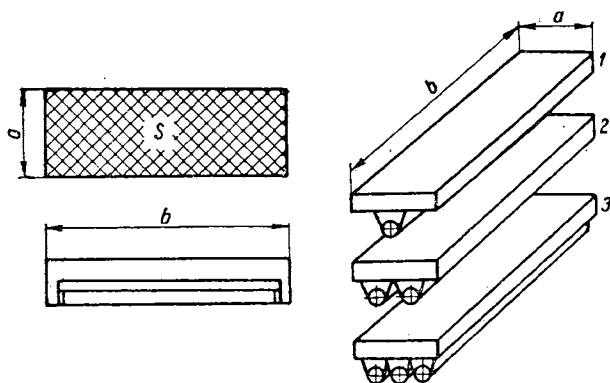


Fig. 10-18. Suprafața luminoasă S a corpurilor de iluminat (corpurile 1, 2 și 3 au aceeași suprafață luminoasă).

Raportul fracțiilor de flux $RF\Phi$ reprezintă raportul dintre procentul din fluxul luminos al tuturor lămpilor emis în sus $F\Phi_s$ și cel emis în jos $F\Phi_j$; fluxul total al lămpilor din corpul de iluminat este considerat 100% (ca și cum randamentul corpului de iluminat ar fi egal cu unitatea). Astfel,

$$RF\Phi = \frac{F\Phi_s [\%]}{F\Phi_j [\%]}.$$

De exemplu, la un corp de iluminat care emite integral în jos: $F\Phi_s = 0$; $F\Phi_j = 100\%$, deci $RF\Phi = \frac{0}{100} = 0$.

Fracția de lumină în sus FL_s și fracția de lumină în jos FL_j reprezintă procente din fluxul luminos total al lămpilor (luîndu-se în considerare și randamentul corpului de iluminat) emise de acestea deasupra, respectiv dedesubtul orizontalei.

Pentru un același corp de iluminat, raportul fracțiilor de lumină este egal cu raportul fracțiilor de flux

$$\frac{FL_s}{FL_j} = RF\Phi = \frac{F\Phi_s}{F\Phi_j}.$$

Fluxul luminos în jos Φ_j reprezintă fluxul luminos emis de corpul de iluminat sub orizontală; se obține înmulțindu-se fluxul total al lămpilor Φ_T cu fracția de lumină în jos FL_j ,

$$\Phi_j = FL_j \times \Phi_T \text{ [lm]}.$$

De exemplu, în cazul unor lămpi al căror flux total Φ_T este de 6 000 lm, iar $FL_j = 65\%$, fluxul luminos în jos $\Phi_j = \frac{6\,000 \times 65}{100} = 3\,900 \text{ lm}$.

Clasificarea zonală BZ a corpului de iluminat. Această clasificare se face în funcție de raportul direct d , care reprezintă raportul dintre fluxul luminos care cade direct pe planul de lucru și fluxul luminos în jos al corpului de iluminat. Acest raport este o funcție de curba polară de distribuție a corpului de iluminat și de indicele încăperii. În funcție de valoarea raportului direct d , corpurile de iluminat se clasifică în zece categorii $BZ_1 \dots BZ_{10}$. Categoria BZ_1 corespunde repartiției celei mai concentrate a fluxului luminos, iar BZ_{10} — celei mai largi. În tabela 10-19 sînt indicate criteriile pentru încadrarea în clasificarea BZ a principalelor corpuri de iluminat produse în țară.

Întrucît valoarea raportului direct d este determinată și de indicele încăperii, rezultă că un anumit corp de iluminat poate să treacă de la o categorie la alta (în cadrul clasificării BZ) o dată cu schimbarea încăperii în care se folosește.

2. Aplicarea metodei. Din calculele anterioare (v. cap. X, C) se cunosc următoarele elemente:

— tipul corpurilor de iluminat, echiparea lor (numărul și tipurile de lămpi), numărul corpurilor, așezarea lor în plan și înălțimea de montaj H_m (înălțimea deasupra pardoselii);

— factorii de reflexie ai tavanului ρ_T și ai pereților ρ_P .

În continuare se stabilesc în ordinea indicată mai jos următoarele elemente noi:

— înălțimea corpului de iluminat H , deasupra liniei de vedere.

Tabela 10-19. Clasificarea BZ pentru unele corpuri de iluminat produse la noi în țară

I. Lămpi cu incandescență

- | | |
|---|--------|
| 1. Corp de iluminat tip „UNIVERSAL” | |
| Pentru indici ai încăperii de la A la B | — BZ 5 |
| Pentru indici ai încăperii de la C la J | — BZ 4 |
| 2. Glob din sticlă opală | |

II. Lămpi cu fluorescență

- | | |
|---|-------------------|
| 1. Corp de iluminat tip CGA | — BZ 6 nesimetric |
| 2. Corp de iluminat tip CIA, închis la capete, fără grătar difuzant | |
| Pentru indiciile încăperii A | — BZ 5 simetric |
| Pentru indicii încăperii de la B la J | — BZ 4 nesimetric |
| 3. Corp de iluminat tip CIB, închis la capete, fără grătar difuzant | |
| Pentru indiciile încăperii A | — BZ 5 simetric |
| Pentru indicii încăperii de la B la J | — BZ 4 nesimetric |
| 4. Corp de iluminat CIA, deschis la capete, fără grătar difuzant | |
| Pentru indicii încăperii de la A la I | — BZ 4 nesimetric |
| Pentru indicii încăperii J | — BZ 3 simetric |
| 5. Corp de iluminat tip CIB, deschis la capete, fără grătar difuzant | |
| Pentru indicii încăperii de la A la B | — BZ 5 simetric |
| Pentru indicii încăperii de la C la J | — BZ 4 nesimetric |
| 6. Corp de iluminat CPB, cu reflector | — BZ 4 nesimetric |
| 7. Corpuri de iluminat sau panouri luminoase cu grătare difuzante | — BZ 3 simetric |
| 8. Corpuri de iluminat cu ecrane din masă plastică sau sticlă opală | — BZ 4 simetric |
| 9. Panouri luminoase montate în plafon, de formă patrată sau dreptunghiulară, cu ecran din masă plastică sau sticlă opală | — BZ 5 simetric |

Tabela 10-20. **Indicii**

Dimensiunea încăperii		Distribuție simetrică									
		Clasificare după distribuția BZ									
X	Y	BZ 1	BZ 2	BZ 3	BZ 4	BZ 5	BZ 6	BZ 7	BZ 8	BZ 9	BZ 10
2 H	2 H	7,0	9,5	11,9	12,4	13,2	12,0	11,1	10,1	10,6	15,3
	3 H	7,1	10,1	13,3	14,3	15,7	14,8	14,0	13,3	13,8	19,8
	4 H	7,1	10,2	13,7	15,1	16,9	16,2	15,7	14,9	15,6	22,1
	6 H	7,0	10,3	13,8	15,4	17,7	17,4	17,1	16,6	17,2	24,8
	8 H	6,9	10,3	13,9	15,6	18,2	18,3	18,1	17,5	18,2	26,2
	12 H	6,8	10,4	13,9	15,6	18,6	19,1	18,8	18,4	19,1	28,1
3 H	2 H	7,0	9,7	12,2	12,8	13,7	12,5	11,7	10,7	11,2	15,6
	3 H	7,1	10,3	13,7	14,8	16,3	15,5	14,7	14,0	14,6	20,1
	4 H	7,1	10,5	14,2	15,8	17,7	17,1	16,6	15,9	16,5	22,6
	6 H	7,1	10,6	14,4	16,1	18,5	18,3	17,9	17,5	18,1	25,2
	8 H	7,0	10,7	14,5	16,3	19,1	19,3	19,1	18,6	19,3	26,7
	12 H	6,9	10,8	14,5	16,3	19,6	20,1	19,9	19,5	20,2	28,6
4 H	2 H	7,0	9,8	12,4	13,1	14,2	13,0	12,2	11,2	11,8	15,8
	3 H	7,1	10,4	14,0	15,3	16,9	16,2	15,4	14,7	15,3	20,4
	4 H	7,1	10,7	14,7	16,4	18,5	18,0	17,5	16,8	17,3	23,0
	6 H	7,1	10,9	14,9	16,7	19,3	19,2	18,8	18,4	19,0	25,5
	8 H	7,1	11,1	15,0	17,0	19,9	20,2	20,0	19,6	20,3	27,2
	12 H	7,0	11,2	15,0	17,0	20,5	21,0	20,9	20,6	21,3	29,1
6 H	4 H	7,1	10,8	14,8	16,6	18,7	18,3	17,9	17,2	17,8	23,1
	6 H	7,1	11,0	15,1	17,0	19,9	19,9	19,5	19,1	19,8	25,8
	8 H	7,1	11,2	15,2	17,3	20,5	20,0	20,7	20,3	21,0	27,5
	12 H	7,0	11,4	15,2	17,3	21,1	21,8	21,7	21,4	22,1	29,4
8 H	4 H	7,1	10,8	14,9	16,7	18,9	18,6	18,2	17,6	18,3	23,2
	6 H	7,1	11,0	15,2	17,2	20,4	20,5	20,2	19,8	20,6	26,1
	8 H	7,0	11,3	15,3	17,5	21,0	21,5	21,3	21,0	21,7	27,8
	12 H	6,9	11,6	15,3	17,5	21,7	22,5	22,5	22,1	22,9	29,7
12 H	4 H	7,0	10,8	14,9	16,7	19,1	18,7	18,4	17,9	18,5	23,3
	6 H	7,0	11,1	15,2	17,4	20,6	20,8	20,6	20,2	21,0	26,3
	8 H	6,9	11,4	15,3	17,6	21,3	21,9	21,8	21,5	22,2	28,0
	12 H	6,9	11,7	15,3	17,6	22,0	23,1	23,2	22,8	23,5	30,0

de orbire de bază I_b

Distribuție nesimetrică							
BZ 4		BZ 6		BZ 7		BZ 8	
Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.	Tran. s.
12,9	13	11,4	12,4	10,0	12,5	10,7	13,9
14,9	14,4	14	15,5	12,5	16,4	13,2	17,9
16,0	14,9	15,2	17,2	13,8	18,8	14,3	20,1
16,7	14,9	16,2	18,9	14,7	21,1	15,3	22,7
17,1	15,0	17,0	20,1	15,4	22,8	15,8	24,1
17,3	14,9	17,6	21,1	15,7	24,3	16,3	25,8
13,3	13,4	12,0	12,9	10,7	12,9	11,4	14,1
15,5	14,9	14,8	16,2	13,4	16,9	14,2	18,3
16,7	15,6	16,2	18,1	14,9	19,4	15,6	20,7
17,4	15,6	17,1	19,7	15,8	21,7	16,6	23,2
17,8	15,7	17,9	20,9	16,6	23,5	17,3	24,8
18,0	15,6	18,5	22,0	17,0	25,1	17,8	26,5
13,6	13,7	12,5	13,3	11,4	13,2	12,0	14,3
16,0	15,4	15,5	16,8	14,3	17,3	15,1	18,6
17,3	16,3	17,1	18,9	16,0	20,0	16,8	21,3
18,0	16,4	18,0	20,5	16,9	22,3	17,8	23,7
18,4	16,4	18,7	21,7	17,8	24,1	18,7	25,5
18,7	16,3	19,3	22,9	18,3	25,9	19,3	27,2
17,4	16,5	17,5	19,2	16,5	20,1	17,4	21,4
18,2	16,5	18,8	21,1	17,8	22,7	18,8	24,1
18,7	16,6	19,6	22,3	18,7	24,5	19,7	25,8
18,9	16,5	20,3	23,6	19,3	26,4	20,4	27,6
17,5	16,6	17,8	19,4	17,0	20,2	17,9	21,5
18,4	16,7	19,5	21,6	18,6	23,1	19,7	24,4
18,9	16,8	20,4	22,9	19,5	24,8	20,6	26,1
19,1	16,7	21,2	24,2	20,3	26,9	21,4	28,0
17,5	16,6	18,0	19,4	17,3	20,2	18,3	21,6
18,5	16,9	19,9	21,9	19,2	23,3	20,2	24,6
18,9	16,8	20,8	23,3	20,2	25,0	21,3	26,3
19,1	16,8	21,9	24,8	21,3	27,2	22,4	28,3

$H = H_m - 1,2$ m [m] dacă în încăperea respectivă se lucrează stînd pe scaun;

$H = H_m - 1,6$ m [m], dacă se lucrează în picioare;

— dimensiunile X și Y ale încăperii și relațiile dintre acestea și înălțimea H conform indicațiilor din tabela 10-20 și fig. 10-19 (trebuie să se țină seama că totdeauna latura X este perpendiculară pe linia de vedere);

— indicele încăperii i cu relația

$$i = \frac{ab}{h(a+b)},$$

în care a , b și h sînt cotele în metri și au semnificația arătată în cadrul metodei factorului de utilizare; indicele obținut se echivalează cu unul din simbolurile A...I, ținîndu-se seama de următoarea corespondență

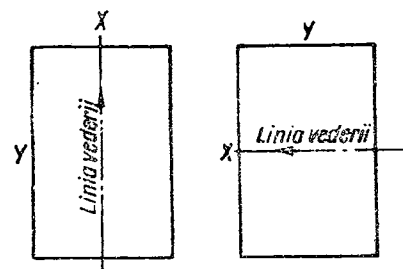


Fig. 10-19. Determinarea laturilor X și Y ale încăperii în raport cu linia vederii.

Simbolul echivalent	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Valoarea indicelui	5	4	3	2,5	2	1,5	1,25	1	0,8	0,6

— caracteristicile corpului de iluminat, și anume:

— încadrarea în clasificarea BZ a corpului de iluminat (v. tabela 10-19);

— fracțiile de flux în sus ($F\Phi_s$) și în jos ($F\Phi_j$) și raportul fracțiilor de flux ($RF\Phi$), conform indicațiilor din tabela 10-21;

— suprafața luminoasă S a corpului de iluminat;

— fluxul luminos în jos (Φ_j), cu relația

$$\Phi_j = \Phi_T \times FL_j \text{ [lm]};$$

— indicele de orbire de bază I_b (v. tabela 10-20).

Urmează determinarea unor termeni de corecție, și anume:

— termenul de conversiune T_c , care induce corecții în funcție de valoarea raportului fracțiilor de flux ($RF\Phi$), conform indicațiilor din tabela 10-22;

— factorul inițial de orbire I_i cu relația

$$I_i = I_b + T_c;$$

Tabela 10-21. Caracteristicile fotometrice ale corpurilor de iluminat

Tipul corpului de iluminat	Randamen- tul corpului*) R_c	Distribuția fluxului luminos, ținînd seama de randamentul R_c		Raportul fracțiilor de flux $RF\Phi$
		Fluxul luminos în jos $F\Phi_j$ [%]	Fluxul luminos în sus $F\Phi_s$ [%]	

Corpuri de iluminat pentru lămpi cu incandescență

Corp cu glob sferic din sticlă opală	0,79	44	35	0,79
Corp deschis tip Mediaş	0,75	75	0	0
Corp impermeabil	0,6—0,7	48—56	12—14	0,25
Corp etanş Badt	0,6—0,7	48—56	12—14	0,25

Corpuri de iluminat pentru lămpi cu fluorescență

Corp de iluminat tip CIA	0,79—0,87	79—87	0	0
Corp de iluminat tip CIB	0,85	78	7	0,09
Corp de iluminat tip CPA	0,85	40	45	1,11
Corp de iluminat tip CPB	0,75	75	0	0
Corp de iluminat tip CGA	0,85	40	45	1,11
Corp de iluminat tip CGB	0,83	45	38	0,84
Corp de iluminat tip CGC	0,78	50	28	0,58

*) Fără grătar dispersor; în cazul folosirii grătarului, randamentul scade (v. cap. III, F, 2). Pentru randament vezi capitolul II, F, 2.

Tabela 10-22. Valorile termenului de conversiune T_c

$F\Phi_s$ [%] $F\Phi_j$ [%] $RF\Phi$	0 100 0			25 75 0,33			50 50 1		
ρ_t [%] ρ_p [%] T_c	70 50 30 5,2 7,1	50 50 30 5,8 7,6	30 30 8,1	70 50 30 2,7 4,0	50 50 30 3,6 5,0	30 30 6,1	70 50 30 0 1,1	50 50 30 1,2 2,4	30 30 4,0

NOTĂ: $F\Phi_s$ și $F\Phi_j$ sînt fracțiile de flux în sus și respectiv în jos, iar $RF\Phi$ — raportul acestor fracții; ρ_t și ρ_p sînt factorii de reflexie al tavanului și respectiv al pereților.

Tabela 10-23. Valorile termenilor de transformare T_Φ , T_H și T_S

T_Φ pentru fluxul luminos Φ_j al corpului de iluminat distribuit în emisfera interioară, în lumen (fluxul de comparație 1 000 lm)		T_S pentru suprafața luminoasă S a corpului de iluminat, în cm^2 , (suprafața de comparație 845 cm^2)		T_H pentru înălțimea de montaj H a corpurilor de iluminat deasupra nivelului ochilor, în m (înălțimea de cooperare 3,05 m)	
100	— 6,0	65	+ 8,0	0,92	—1,3
150	— 4,9	97	+ 6,6	1,24	—1,0
200	— 4,2	129	+ 5,6	1,83	—0,6
300	— 3,1	193	+ 4,2	2,44	—0,3
500	— 1,8	322	+ 2,4	3,05	0,0
700	— 0,9	450	+ 1,2	3,65	+0,3
1 000	0,0	645	0,0	4,60	+0,6
1 500	+ 1,1	965	— 1,4	6,10	+1,0
2 000	+ 1,8	1 290	— 2,4	7,60	+1,3
3 000	+ 2,9	1 930	— 3,8	9,15	+1,6
5 000	+ 4,2	3 220	— 5,6	12,40	+2,1
7 000	+ 5,1	4 500	— 6,8	—	—
10 000	+ 6,0	6 450	— 8,0	—	—
15 000	+ 7,1	9 650	— 9,4	—	—
20 000	+ 7,8	12 900	—10,4	—	—
30 000	+ 8,9	19 300	—11,4	—	—
50 000	+10,2	32 200	—13,6	—	—

— termenii de transformare: T_Φ pentru fluxul în jos, T_H pentru înălțimea H și T_S pentru suprafața luminoasă S , conform indicațiilor din tabela 10-23;

— indicele final de orbire I_f cu relația

$$I_f = I_i \pm T_\Phi \pm T_H \pm T_S.$$

Valoarea obținută pentru I_f se compară cu valorile maxime admisibile din tabela 10-24.

În cazurile în care valoarea calculată a indicelui final de orbire depășește valoarea maximă admisibilă, se consideră că instalația proiectată nu corespunde din punct de vedere calitativ, prezentînd efecte de orbire inadmisibile; în aceste cazuri trebuie să se revadă soluția de iluminat considerată, intervenindu-se asupra factorilor care influențează condițiile de calitate ale iluminatului, ca tipul și dispoziția corpurilor de iluminat, prevederea unor vopsitorii corespunzătoare pentru plafon și pereți etc.

Exemplul 10-6. Se cere să se verifice calitatea instalației de iluminat prezentată în exemplul 10-3. În afara datelor indicate în exemplul 10-3 se mai cunosc următoarele date:

— înălțimea de montare a corpurilor de iluminat deasupra pardoselii $H_m = 5$ m;

— înălțimea de montare a corpurilor de iluminat deasupra nivelului ochilor, $H = H_m - 1,6 = 5 - 1,6 = 3,4$ m (se lucrează în picioare);

— linia de vedere a tuturor muncitorilor din hală este paralelă cu latura lungă a acesteia; hala este destinată asamblării de echipamente de radio în industria constructoare de mașini.

Se stabilesc dimensiunile X și Y ale încăperii ținându-se seama de indicațiile din fig. 10-4 și 10-9, obținându-se

$$X = a = 24 \text{ m și } Y = b = 90 \text{ m.}$$

Se calculează:

$$\frac{X}{H} = \frac{24}{3,4} = 7; \quad X = 7H \quad \text{și} \quad \frac{Y}{H} = \frac{90}{3,4} \approx 26; \quad Y = 26H.$$

Se determină indicele încăperii cu relația

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{24 \times 90}{4(24+90)} = 4,75 \approx 5,$$

căruia îi corespunde simbolul A.

Se stabilesc caracteristicile corpului de iluminat (tip. CIA cu grătar dispersor), și anume:

— categoria BZ 3 simetric (v. tabela 10-19, pct. 7);

— fracțiile de flux $F\Phi_s = 0$ și $F\Phi_j = 0,68$ (v. tabela 10-21);

— suprafața luminoasă a corpului de iluminat, determinată de dimensiunile grătarului dispersor (v. fig. 10-18 și tabela 2-51);

$$S = ab = 40 \times 153,1 \approx 6000 \text{ cm}^2;$$

— fluxul luminos în jos

$$\Phi_j = \Phi_c \times FL_j = 3 \times 3960 \times 0,68 \approx 8078 \text{ lm.}$$

Se determină indicele de orbire de bază $I_b = 15,2$ conform indicațiilor din tabela 10-20.

Se determină termenul de conversiune $T_c = 5,2$ pentru:

$$R\Phi = \frac{0}{0,68} = 0; \quad \rho_t = 70\% \quad \text{și} \quad \rho_p = 50\% \quad (\text{v. tabela 10-22}).$$

Se stabilește indicele inițial de orbire

$$I_i = I_b + T_c = 15,2 + 5,2 = 20,4.$$

Se determină termenii de transformare (v. tabela 10-23):

$$T_\Phi = +5,4; \quad T_S = -7,8 \quad \text{și} \quad T_H = +0,2;$$

valorile s-au obținut prin interpolare.

**Tabela 10-24. Indicii de orbire recomandați
pentru încăperi industriale**

Locul de muncă	Indicele de orbire
<i>Industria metalurgică și construcții de mașini</i>	
— Oțelării, furnale, laminoare	28
— Turnătorii:	
secțiile de preparare a nisipurilor, formare, miezuri, turnare, dezbatere	28
miezuri și formare fină, control	25
— Forje	28
— Hale cu mașini unelte:	
lucru brut	28
lucrări de precizie medie	25
lucrări de precizie mare	22
— Hale de prelucrarea metalului:	
lucru la banc, trasaj, poansonare, presare, tăiere cu foarfeca, fălțuire	25
— Hale de asamblare:	
asamblarea pieselor mari, mașinilor mari	28
asamblarea părților de mașini, motoarelor, corpului vehiculelor	25
asamblarea echipamentului de radio și telefoane, mașini de scris și de birou	22
asamblarea instrumentelor și mecanismelor de precizie	19
lucrări de ceasornicărie	10
— Atelier de acoperire cu metal:	
băi, polisare, șlefuire, lustruire	25
<i>Industria Textilă</i>	
— Bumbac sau in:	
dezbatere, cardare, filare, răsucire, dublare	25
urzit, țesut, control	19
— Mătase sau fibre sintetice:	
preparare, filare, răsucire, bobinare, urzit	25
țesut, control	19
— Lină:	
preparare, cardare, filare, vopsire, uscarea, urzit, pieptănare	25
țesut, reparsat, control	19
— Iută, toate procesele	25
<i>Industria de pielărie încălțăminte</i>	
— Procesele de fabricare a pielei	28
— Sortarea materialului pentru confecții	19
— Croit, presat, cusut, finisat	22
— Control	19

Tabela 10-24 (continuare)

Locul de muncă	Indicele de orbire
<i>Industria de confecții</i>	
— Sortarea materialului	19
— Croit, cusut, călcat	22
— Lucru de mână	19
<i>Industria de tricotațe</i>	
— Tricotat, croit, asamblat, călcat	22
— Control, corectarea defectelor, finisarea manuală	19
<i>Industria alimentară</i>	
— Conserve, pregătirea produselor	22
— Preparare, îmbuteliere	25
— Mori	25
— Panificație	25
— Produse lactate	25
— Fabrici de bere și distilării	25
— Fabrici de ciocolată și produse de cofetărie	25
— Decorarea manuală, control, ambalare, împachetare	22
<i>Centrale și stații electrice</i>	
— Sala mașinilor, sala cazanelor și încăperile auxiliare	25
— Stații electrice interioare	25
— Camera de comandă	19
<i>Industria sticlei</i>	
— Malaxoare, cuptoare, modelare	28
— Finisare (tăiat la dimensiune, gravat, decorat)	22
— Cizelare, control	19
<i>Industria chimică și farmaceutică</i>	
— Cuptoare, cazane de fierbere, uscătoare, cristalizatoare, evaporatoare, instalații de filtrare, decolorare, extractoare, percolatoare, nitratoare, celule electrolitice	28
— Fabricarea produselor farmaceutice	25
— Control, măsurare, camere de comandă	19
— Fabricarea produselor din mase plastice și cauciuc	25
<i>Tipografii</i>	
— Toate operațiile	25
— Culegere, corectură, control	19
<i>Industria lemnului</i>	
— Lucrări de precizie mică	25
— Operațiile de fabricare a mobilei, tapițerie	22

Se determină indicele final de orbire

$$I_f = I_i \pm T \pm T_s \pm T_H = 20,4 + 5,4 - 7,8 + 0,2 = 18,2.$$

Valoarea obținută se compară cu datele din tabela 10-24, în care pentru procesul tehnologic considerat se prevede indicele de orbire maxim admisibil $I_f = 22$; rezultă că instalația proiectată va corespunde din punct de vedere calitativ, deoarece indicele final obținut (18,2) este mai mic decât cel admisibil (22).

E. ÎNTREȚINEREA INSTALAȚIILOR DE ILUMINAT

În vederea conservării eficienței unei instalații de iluminat în limite tehnico-economice acceptabile este necesară aplicarea unor măsuri tehnico-organizatorice, dintre care cele mai importante sînt următoarele:

— încă de la proiectare trebuie să se ia în considerare problema întreținerii instalației respective determinîndu-se perioadele optime de întreținere și costurile necesitate;

— prin compararea cheltuielilor de întreținere cu costul energiei pierdute, în funcție de frecvența lunară a întreținerii, se poate determina numărul optim de întrețineri periodice.

În baza acestei analize se determină coeficientul de depreciere corespunzător, astfel încît costul întreținerii să fie compensat printr-o reducere a investiției și a costului energiei consumate.

Proiectele de instalații de iluminat trebuie să prevadă totodată și mijloacele necesare întreținerii instalațiilor de iluminat; în funcție de complexitatea instalației, de dimensiunile construcției, de posibilitățile de acces la instalație etc., aceste mijloace pot fi:

— amenajări fixe ale construcției, ca de exemplu: niveluri tehnice, pasarele, podeste etc.;

— utilaje: scări obișnuite, scări mecanice (telescopice); platforme și coșuri telescopice, mobile; folosirea macaralei tehnologice (echipată cu platforme de acces la instalație, conform normelor de tehnică a securității), dar nu în schimbul în care este folosită în producție; cabine sau coșuri deplasabile în lungul șirurilor de corpuri de iluminat etc.

Dotarea cu astfel de mijloace trebuie stabilită în baza unui calcul tehnico-economic în care să se analizeze modul în care folosirea acestora afectează cheltuielile de întreținere.

La stabilirea oportunității și a evaluării amenajărilor fixe (niveluri tehnice, pasarele, podeste etc.) trebuie să se țină seama că acestea pot servi și altor instalații din hală, cum sînt cele tehnologice, pentru accesul la barele magistrale de distribuție a energiei electrice, instalațiile de condiționare etc., astfel încît costul lor să nu se raporteze integral asupra instalațiilor de iluminat.

Un alt mijloc mai poate fi folosirea de corpuri de iluminat speciale protejate contra murdăririi, cum sînt cele cu reflectoare perforate, cele etanșe (a căror folosire este justificată în cazul încăperilor în care se cere o etanșeitate specială, nu numai contra prafului, cum ar fi contra coroziunii, contra umezelii, contra gazelor inflamabile etc.) și cele insuflate cu aer sub presiune (astfel de corpuri pot fi prevăzute în condiții economice dacă instalația de iluminat se combină cu instalațiile de condiționare a aerului).

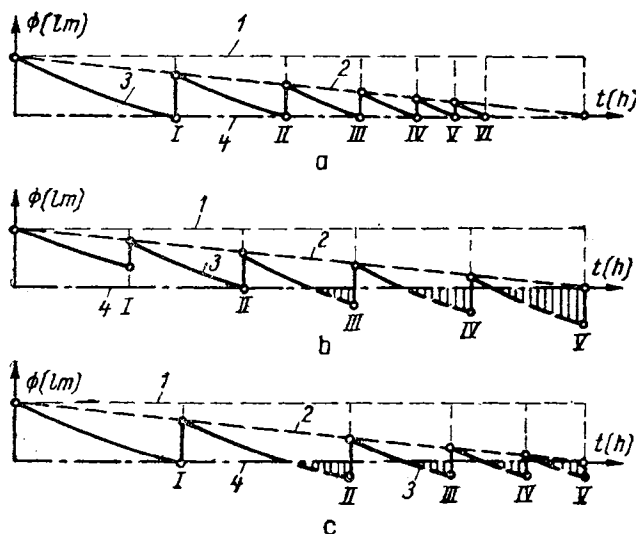


Fig. 10-20. Determinarea perioadelor de întreținere (curățire) a corpurilor de iluminat:

a, c — perioada (I, II etc.) de întreținere neegale cu funcționarea lămpii în limita și respectiv sub limita fluxurilor minim admisibil; b — idem, egale, sub limita fluxului minim admisibil; 1 — valoarea fluxului inițial (Φ_0) al lămpii; 2 — căderea naturală a fluxului luminos al lămpii; 3 — căderea fluxului prin murdărirea lămpii; 4 — nivelul minim admis pentru fluxul luminos (corespunzător duratei economice a lămpii).

Prin proiect trebuie să se reglementeze obligativitatea întreținerii periodice a instalațiilor de iluminat (prin grija serviciului mecanic șef, sau energetic șef) și a efectuării de măsurători a iluminării.

În fig. 10-20 se arată modul în care viteza de depreciere a unei instalații de iluminat (deprecierea naturală — curba 2 — și deprecierea prin murdărire — curba 3) influențează numărul de lucrări de întreținere, respectiv durata între două operații de curățire a surselor și a corpurilor de iluminat. Ciclul de întrețineri reprezentat în figură corespunde duratei nominale a lămpilor folosite, respectiv duratei de funcționare în cazul lămpilor cu incandescență.

Prin alegerea corespunzătoare a corpurilor de iluminat (cu viteză de depreciere scăzută) se poate obține un număr minim de operații de întreținere, cu o durată suficient de lungă între două operații de întreținere, astfel încât costul acestor operații să rămână mai scăzut decât cel al înlocuirii lămpilor, a căror depreciere naturală este aproape de limita admisibilă.

XI. INSTALAȚII PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA FACTORULUI DE PUTERE

A. GENERALITĂȚI

Unele receptoare electrice (motoarele asincrone, transformatoarele de sudură, cuptoarele cu inducție și cu arc etc.) consumă, pe lângă energia activă, o mare cantitate de energie reactivă. Livrarea energiei reactive de către centralele electrice produce o încărcare suplimentară a generatoarelor, a liniilor electrice și a transformatoarelor, ceea ce micșorează capacitatea de livrare și transport a energiei active și produc pierderi de putere suplimentare în rețea.

Micșorarea consumului de energie reactivă se poate face prin unele măsuri cu caracter tehnico-organizatoric, cum sînt: folosirea de receptoare cu consum mai mic sau nul de energie reactivă (de ex. motoare sincrone), evitarea mersului în gol al motoarelor și al transformatoarelor, schimbarea motoarelor slab încărcate cu altele de putere mai mică sau schimbarea conexiunilor din triunghi în stea etc.

Factorul de putere (sau $\cos \varphi$) al puterii cerute la o instalație este raportul dintre puterea electrică activă și puterea aparentă absorbită de aceea instalație (fig. 11-1):

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}.$$

Factorul de putere mediu (ponderat) este determinat pe baza citirii contoarelor de energie activă și reactivă pe o perioadă determinată și este dat de relația

$$\cos \varphi_m = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}}.$$

Consumatorii industriali de energie electrică sînt penalizați prin majorări de tarif la plata energiei electrice, în cazul cînd factorul de putere mediu ($\cos \varphi_m$) al energiei consumate din sistemul energetic este mai mic decît valoarea minimă fixată de inspecția energetică de stat (în prezent $\cos \varphi_{min}$ este 0,9). Pentru a se evita inconveniente rezultate la absorbirea energiei reactive din sistemul energetic și a se evita penalizările, se montează la consumatorii instalații și echipamente de compensare a energiei reactive, care produc pe loc energia reactivă necesară, și anume: *baterii de condensare statice* sau *compensatoare sincrone*.

Acestea din urmă devin avantajoase în raport cu condensatoarele numai la puteri foarte mari și pentru îndeplinirea și a altor funcții (reglaj de tensiune și stabilitatea funcționării sistemului energetic).

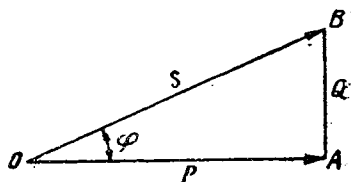


Fig. 11-1. Reprezentarea vectorială a puterilor activă, reactivă și aparentă.

B. REDUCEREA PIERDERILOR DE PUTERE REALIZATĂ PRIN INSTALAȚIILE DE COMPENSARE

Pierderea de putere într-o linie trifazată de transport pe timpul pierderilor maxime este dată de relația

$$p = 3RI^2 = 3R \left(\frac{S}{\sqrt{3}U} \right)^2 = R \frac{S^2}{U^2} = R \frac{P^2 + Q^2}{U^2} = \frac{RP^2}{U^2} + \frac{RQ^2}{U^2},$$

în care S , P și Q (v. fig. 11-1) reprezintă puterea aparentă, respectiv puterea activă și reactivă transportate prin rezistențele R ale celor trei faze.

Pierderea de putere datorită circulației de putere reactivă este

$$p_r = \frac{Q^2}{U^2} R.$$

Dacă se montează local instalații de compensare de putere reactivă Q_c , pierderea în linie, după compensare, devine

$$p'_r = \frac{(Q - Q_c)^2}{U^2} R = \frac{(Q^2 + Q_c^2 - 2QQ_c) R}{U^2}.$$

Economia (diferența) de pierderi realizată este

$$\Delta p = p_r - p'_r = \frac{(2QQ_c - Q_c^2) R}{U^2}.$$

Adăugînd 100% la p_r și p'_r pentru pierderi suplimentare prin variațiile sarcinii, se obține relația

$$\Delta p_{[kW]} = \frac{1,1 (2Q - Q_c) Q_c R}{10^3 U^2} = \frac{2,2 QQ_c R}{10^3 U^2} - \frac{1,1 Q_c^2 R}{10^3 U^2},$$

în care Q și Q_c se măsoară în kvar, U în kV și R în Ω .

În cazul unei rețele complexe, instalația de compensare Q_c poate micșora în mai multe ramuri (de exemplu în i ramuri) circulația de putere reactivă cu cîte o cantitate oarecare $Q_{ci} = \eta_i Q_c$.

Coefficientul $\eta_i < 1$ este numit coeficient de repartitie al ramurii i . Pentru mai multe ramuri în paralel $\sum \eta_i = 1$. În acest caz, economia de pierderi de putere este

$$\Delta p = \frac{2,2 \sum Q_i Q_{ci} R'_i}{10^3 U^2} - \frac{1,1 \sum Q_{ci}^2 R'_i}{10^3 U^2} = \frac{2,2 \sum Q_i Q_c \eta_i R'_i}{10^3 U^2} - \frac{1,1 \sum Q_c^2 \eta_i^2 R'_i}{10^3 U^2},$$

în care: R'_i este rezistența unei ramuri i raportată la tensiunea de bază;

Q_i — circulația de putere reactivă în acea ramură înainte de compensare.

Dacă se notează (conform Instrucțiunilor 58-55 M.E.E.):

$$\frac{2,2 \sum Q_i \eta_i R'_i}{10^3 U^2} = K_e \text{ și } \frac{1,1 \sum \eta_i^2 R'_i}{10^3 U^2} = A$$

și ținându-se seama că Q_c este constant, rezultă

$$\Delta_p = K_e Q_c - A Q_c^2.$$

Întreprinderile regionale de electricitate determină anual coeficienții K_{e0} și A_0 aferenți sistemului energetic, pînă la punctele de racord ale consumatorilor. La valorile K_{e0} și A_0 urmează să se adauge cotele K_{ei} și A_i corespunzătoare instalațiilor din rețeaua interioară a consumatorului, aflîndu-se valorile de calcul: $K_e = K_{e0} + K_{ei}$ și $A = A_0 + A_i$.

C. CHELTUIELILE ANUALE

În practică durata de conectare a condensatoarelor este mai mare decît durata pierderilor maxime corespunzătoare pierderilor de energie în rețea și în instalația de compensare, iar cheltuielile anuale F_a cuprind:

a) O cotă F_{a1} , aferentă pierderilor de energie în rețea după compensare, dată de relația

$$F_{a1} = \alpha T \cdot 1,1 \frac{(Q - Q_c)^2}{10^3 U^2} R + Q_c p_{sc} = \alpha T p'_r + Q_c p_{sc},$$

în care: α este prețul de cost al energiei electrice, în lei/kWh;

T — durata funcționării receptoarelor electrice și a instalațiilor de compensare (considerată aceeași), în h/an;

p_{sc} — pierderile specifice de putere în instalația de compensare, în kW/kvar.

b) O cotă F_{a2} , corespunzătoare surplusului de putere necesară a se instala în centrale pentru acoperirea pierderilor de putere activă datorite circulației puterii reactive, dată de relația

$$F_{a2} = \beta \gamma (1,2 p'_r + Q_c p_{sc}),$$

în care: β este coeficientul de amortizare pentru investiția corespunzătoare surplusului de putere necesară a se instala în centrale pentru acoperirea pierderilor de putere ($\beta=0,053$ conform Instrucțiunilor 58-55 ale M.E.E.);

γ — costul unitar al instalațiilor suplimentare în centrale, în lei/kW (se poate lua $\gamma=2\,000$ lei/kW conform Instrucțiunilor 58-55 ale M.E.E.);

p_{sc} — pierderea specifică de putere pentru instalația de compensare, în kW/kvar; la condensatoarele statice se poate lua: $p_{sc}=0,005$ kW/kvar pentru condensatoarele de joasă tensiune și $p_{sc}=0,003$ kW/kvar pentru cele de înaltă tensiune.

Coeficientul 1,2 aplicat la p_r' corespunde Instrucțiunilor M.E.E. nr. 58-55, spre a se ține seama de perioadele de pierderi maxime.

c) O cotă F_{a3} , corespunzătoare cotei de amortizare și întreținere pentru instalația de compensare dată de relația:

$$F_{a3}=a_c Q_c F'_{sc},$$

în care: a_c este coeficientul cotei de amortizare și întreținere pentru instalația de compensare (se poate lua $a_c=0,05$);

F_{sc} — costul unitar (lei/kvar) al instalației de compensare, în lei/kvar.

Din însumarea acestor trei cote rezultă valoarea cheltuielilor anuale totale:

$$F_a = F_{a1} + F_{a2} + F_{a3} = \alpha T(p_r' + Q_c \cdot p_{sc}) + \beta \gamma (1,2 p_r' + Q_c p_{sc}) + a_c Q_c F_{sc};$$

$$F_a = Q_c(\alpha T p_{sc} + \beta \gamma p_{sc} + a_c F_{sc}) + p_r'(\alpha T + 1,2 \beta \gamma).$$

Se notează parantezele:

$$\alpha T p_{sc} + \beta \gamma p_{sc} + a_c F_{sc} = C = \text{const.}$$

$$\alpha T + 1,2 \beta \gamma = B = \text{const.};$$

rezultă

$$F_a = C Q_c + B p_r'.$$

D. ECONOMIA DE CHELTUIELI ANUALE PRIN INSTALAȚII DE COMPENSARE

Conform Instrucțiunilor 58-55 ale M.E.E., economia de cheltuieli este dată de relația

$$\Delta \bar{F}_a = F_1 + F_2,$$

în care: $F_1 = \beta \gamma (1,2 \Delta p - Q_c p_{sc})$ este economia corespunzătoare micșorării cotei de amortizare prin reducerea investițiilor pentru instalații noi în centrale, care ar fi fost necesare pentru acoperirea pierderilor de putere provocate de circulația energiei reactive în rețea;

$F_2 = \alpha T (\Delta p - Q_c p_{sc})$ — economia corespunzătoare reducerii pierderilor de energie în rețea.

Astfel,

$$\Delta F_a = \beta \gamma (1,2 \Delta p - Q_c p_{sc}) + \alpha T (\Delta p - Q_c p_{sc}).$$

Înlocuindu-se Δp cu valoarea de mai sus (de la subcap. B, p. 401),

$$\begin{aligned} \Delta F_a &= \beta \gamma (1,2 Q_c K_e - 1,2 Q_c^2 A - Q_c p_{sc}) + \alpha T (Q_c K_e - Q_c^2 A - Q_c p_{sc}) = \\ &= 1,2 Q_c K_e \beta \gamma - 1,2 Q_c^2 A \beta \gamma - Q_c \beta \gamma p_{sc} + Q_c K_e \alpha T - Q_c^2 A \alpha T - Q_c \alpha T p_{sc}; \\ \Delta F_a &= Q_c K_e (1,2 \beta \gamma + \alpha T) - Q_c^2 A (1,2 \beta \gamma + \alpha T) - Q_c p_{sc} (\beta \gamma + \alpha T) = \\ &= (Q_c K_e - Q_c^2 A) (1,2 \beta \gamma + \alpha T) - Q_c p_{sc} (\beta \gamma + \alpha T). \end{aligned}$$

Notîndu-se $p_{sc} (\beta \gamma + \alpha T) = C'$, se obține

$$\Delta F_a = (Q_c K_e - Q_c^2 A) B - Q_c C' = Q_c [(K_e - Q_c A) B - C'].$$

Cheltuielile de investiții pentru instalația de compensare F_c se pot da sub forma:

$$F_c = Q_c F_{sc},$$

în care $F_{sc} = \frac{C_1 + C_2}{Q_c}$ este costul specific luat în calcule pentru instalația de compensare, în lei/kvar; C_1 și C_2 fiind cheltuielile de investiții pentru echipamentul de compensare și pentru construcțiile și instalațiile necesare montării și dării în funcțiune a aceluia echipament.

Timpul de recuperare al cheltuielilor de investiții conform Instrucțiunilor 58-55 ale M.E.E. este dat de relația

$$n = \frac{C_1 + C_2}{\Delta p (1,2\beta\gamma + \alpha T) - Q_{cpsc} (\beta\gamma + \alpha T)} = \frac{QE_{sc}}{Q_c [(K_e - Q_c A) B - C']} = \frac{F_{ec}}{(K_e - Q_c A) B - C'}$$

Investițiile în instalații de compensare se consideră justificate dacă timpul de recuperare a acestora este de cel mult 10 ani.

E. DETERMINAREA COEFICIENȚILOR DE REPARTIȚIE

În cazul cînd se montează o singură instalație de compensare și între aceasta și sursă sînt mai multe ramuri în paralel, coeficienții de repartitie vor fi proporționali cu admitanța (inversul impedanței) fiecărei ramuri, iar suma coeficienților de repartitie va fi egală cu unitatea.

Notîndu-se cu Z impedanța echivalentă a celor n impedanțe în paralel și cu Z_1, Z_2 etc. impedanțele ramurilor, coeficienții de repartitie au valorile:

$$\eta_1 = \frac{Z}{Z_1}; \eta_2 = \frac{Z}{Z_2}; \dots \eta_n = \frac{Z}{Z_n}.$$

În cazul cînd instalația de compensare are puterea totală Q_c care se fracționează în mai multe puncte, repartitia optimă a condensatoarelor și coeficienții de repartitie se vor alege proporțional cu valoarea produselor $Q_i R_i$ pe fiecare ramură, astfel:

$$\eta_1 = \frac{Q_1 R_1}{\Sigma Q_i R_i}; \eta_2 = \frac{Q_2 R_2}{\Sigma Q_i R_i}; \dots \eta_n = \frac{Q_n R_n}{\Sigma Q_i R_i}.$$

Exemplul 11-1. O întreprindere industrială este alimentată pe 6 kV din rețeaua regională. Coeficienții K_e și A_0 calculați de întreprinderea regională la barele de 6 kV sînt:

$$K_{e0} = 0,1203 \frac{\text{kW}}{\text{kvar}} \text{ și } A_0 = 7,2065 \times 10^{-3} \frac{\text{kW}}{\text{kvar}}.$$

Rețeaua uzinală are forma și caracteristicile din fig. 11-2 (în stînga), iar schema simplificată (echivalentă) este reprezentată alăturat (în dreapta) în aceeași figură.

Date de bază pentru calcule se iau:

$$\alpha = 0,30 \text{ lei/kWh};$$

$$T = 6\,000 \text{ h/an};$$

$$p_{sc} = 0,005 \text{ kW/kvar};$$

$$\beta = 0,053;$$

$$\gamma = 3\,000 \text{ lei/kW};$$

$$F_{sc} = 250 \text{ lei/kvar}.$$

$$B = \alpha T + 1,2\beta\gamma = 0,3 \times 6\,000 + 1,2 \times 0,053 \times 3\,000 = 1\,800 +$$

$$+190,8 = 1\,990,8$$

$$C' = (\alpha T + \beta\gamma) p_{sc} = (0,3 \times 6\,000 + 0,053 \times 3\,000) 0,005 =$$

$$= (1\,800 + 159) 0,005 = 9,795.$$

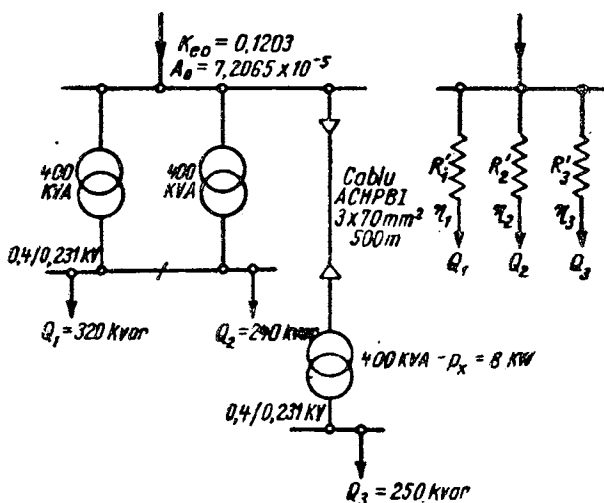


Fig. 11-2. La exemplul 11-1 (rețea uzinală cu schema simplificată).

Luîndu-se ca tensiune de bază 0,4 kV, rezistența ohmică pe fază a transformatoarelor de 400 kVA este

$$R_T = 1\,000 \frac{P_{cu} U^2}{S_n^2} = 1\,000 \frac{8,3 \times 0,4^2}{400^2} = 0,0083 \Omega.$$

Rezistența cablului de 6 kV, raportată la 0,4 kV este

$$0,507 \times 0,5 \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 = 0,00112 \Omega.$$

Bateria calculată ca necesară pentru îmbunătățirea factorului de putere este de 600 kvar.

Costul bateriei gata instalate este de $600 \times 250 = 150\,000$ lei.

Pentru aflarea coeficienților de repartitie se determină valoarea produselor $Q_i R'_i$ (se ține seama că $R'_3 = 0,0083 + 0,00112 = 0,00942 \Omega$):

$$Q_1 R'_1 = 320 \times 0,0083 = 2,66$$

$$Q_2 R'_2 = 240 \times 0,0083 = 2,00$$

$$Q_3 R'_3 = 250 \times 0,00942 = 2,35$$

$$\Sigma Q_i R'_i = 7,01$$

$$\eta_1 = \frac{2,66}{7,01} = 0,379; \quad \eta_2 = \frac{2,00}{7,01} = 0,285; \quad \eta_3 = \frac{2,35}{7,01} = 0,336$$

$$\Sigma \eta_i = 0,379 + 0,285 + 0,336 = 1,00.$$

Se află coeficienții K_{ei} și A_i :

$$\Sigma Q_i R'_i \eta_i = Q_1 R'_1 \eta_1 + Q_2 R'_2 \eta_2 + Q_3 R'_3 \eta_3 =$$

$$= 2,66 \times 0,379 + 2,00 \times 0,285 + 2,35 \times 0,336 =$$

$$= 1,01 + 0,570 + 0,79 = 2,37;$$

$$K_{ei} = \frac{2,2 \Sigma Q_i R'_i \eta_i}{10^3 U^2} = \frac{2,2 \times 2,37}{10^3 \times 0,4^2} = 0,0325;$$

$$\Sigma R'_i \eta_i^2 = R'_1 \eta_1^2 + R'_2 \eta_2^2 + R'_3 \eta_3^2 =$$

$$= 0,0083 \times 0,379^2 + 0,0083 \times 0,285^2 + 0,00942 \times 0,336^2 =$$

$$= 0,00119 + 0,000675 + 0,00106 = 0,002925;$$

$$A_i = \frac{1,1 \Sigma R'_i \eta_i^2}{10^3 U^2} = \frac{1,1 \times 0,002925}{10^3 \times 0,4^2} = 2,01 \times 10^{-6}.$$

Rezultă:

$$K_e = K_{e0} + K_i = 0,1203 + 0,0325 = 0,1528$$

$$A = A_0 + A_i = (7,2065 + 2,01) 10^{-5} = 9,2165 \times 10^{-5}.$$

Timpu de recuperare este

$$n_{[ani]} = \frac{F_{sc}}{(K_e - Q_c A) B - C'};$$

$$n = \frac{250}{(0,1528 - 600 \times 9,2165 \times 10^{-5}) 1\,930,8 - 9,795} \approx 1,38 \text{ ani.}$$

F DETERMINAREA PUTERII INSTALAȚIILOR DE COMPENSARE

Factorul de putere mediu (ponderat) se determină cu relația

$$\cos \varphi_m = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}},$$

în care: W_a și W_r sînt cantitățile de energie activă și reactivă consumate lunar (sau anual), citite pe contoare (pentru o situație existentă) sau calculate conform indicațiilor din cap. V (în cazul unei situații proiectate).

Se notează:

— $\cos \varphi_1$, factorul de putere mediu corespunzător situației existente (ținînd seama și de instalațiile de compensare aflate în funcțiune, calculat cu relația de mai sus);

— $\cos \varphi_2$, factorul de putere mediu îmbunătățit, care trebuie realizat în viitor (cel puțin 0,9) în conformitate cu instrucțiunile Inspecției energetice de stat.

Se determină cantitatea de energie reactivă pe care trebuie s-o debiteze anual instalația nouă de compensare, cu relația

$$W_{rc} = W_a (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2),$$

în care: W_a este energia activă consumată de întreprindere pe timp de un an;

$\operatorname{tg} \varphi_1$ și $\operatorname{tg} \varphi_2$ sînt valorile tangentelor corespunzătoare la $\cos \varphi_1$ și $\cos \varphi_2$.

Valorile respective se iau din tabele (v. tabela 1-4) sau se calculează cu relația

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1}.$$

Se determină puterea reactivă totală Q_c a instalațiilor noi de compensare necesare cu relația

$$Q_c = \frac{W_{rc}}{T},$$

în care T este numărul total de ore de funcționare într-un an a instalației de compensare; conform Instrucțiunilor 58-55 ale M.E.E., se ia $T=6\,000$ h/an; pentru întreprinderi cu funcționare continuă se poate lua $T=8\,000$ h/an, iar pentru unele întreprinderi cu un singur schimb de lucru se poate lua $T=2\,900 \dots 3\,000$ h/an.

Pentru o apreciere aproximativă a puterii instalației de compensare se poate neglija consumul de energie activă în transformatoare, iar pentru consumul de energie reactivă în acestea se ia 10% din consumul de energie reactivă al receptoarelor de joasă tensiune. Drept urmare se poate aplica relația aproximativă

$$Q_c = \frac{1,1W_{r,rec,j.t.} + W_{r,rec,i.t.} - \operatorname{tg} \varphi_2 W_a}{T},$$

în care: $W_{r,rec,j.t.}$ este energia reactivă consumată de receptoarele de joasă tensiune, în kvarh;

$W_{r,rec,i.t.}$ — energia reactivă consumată de receptoarele de înaltă tensiune, în kvarh;

W_a — energia activă consumată de toate receptoarele, în kWh.

Cu ajutorul diagramei din fig. 11-3 se poate afla cu ușurință puterea aproximativă a unei instalații de compensare pentru a trece de la un factor de putere la altul (exemplul 11-2).

Exemplul 11-2. Pentru o instalație care funcționează cu $\cos \varphi = 0,65$, pentru un consum de energie activă de 600 MWh, rezultă un consum de energie reactivă de 700 Mvarh. Pentru a trece la un factor de putere $\cos \varphi = 0,9$, pentru același consum de energie activă, energia reactivă consumată trebuie să fie de circa 290 Mvarh. Diferența de $700 - 290 = 410$ Mvarh trebuie produsă de instalația de compensare, a cărei putere se determină cu relația

$$Q_c = \frac{W_{rc}}{T} = \frac{410\,000}{6\,000} \approx 67,5 \text{ Mvarh.}$$

Exemplul 11-3. O întreprindere existentă care lucrează în două schimburi consumă 6 400 000 kWh/an și 5 200 000 kvarh/an la o putere activă cerută $P = 1\,800$ kW și o putere reactivă cerută $Q = 1\,400$ kvarh. Prin dezvoltare și sistematizare crește puterea electrică instalată în uzină, astfel că puterile cerute și consumul de energie activă calculate pentru situația de viitor sînt:

Utilajul :	Puterea activă P [kW]	Puterea reactivă Q [kvar]	W_a [MWh]
— receptoare de 380/220 V	2 300	2 700	8 900
— receptoare de 6 kV (cup- toare cu arc și motoare sincroane la compresoare)	1 100	500	4 400
Total	3 400	3 200	13 300

Pentru alimentarea consumatorilor de joasă tensiune se instalează trei transformatoare de 1 000 kVA, cu 6/0,4/0,231 kV.

Factorul de putere în situația existentă este

$$\cos \varphi_1 = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}} = \frac{6\,400}{\sqrt{6\,400^2 + 5\,200^2}} = \frac{6\,400}{8\,250} \approx 0,78.$$

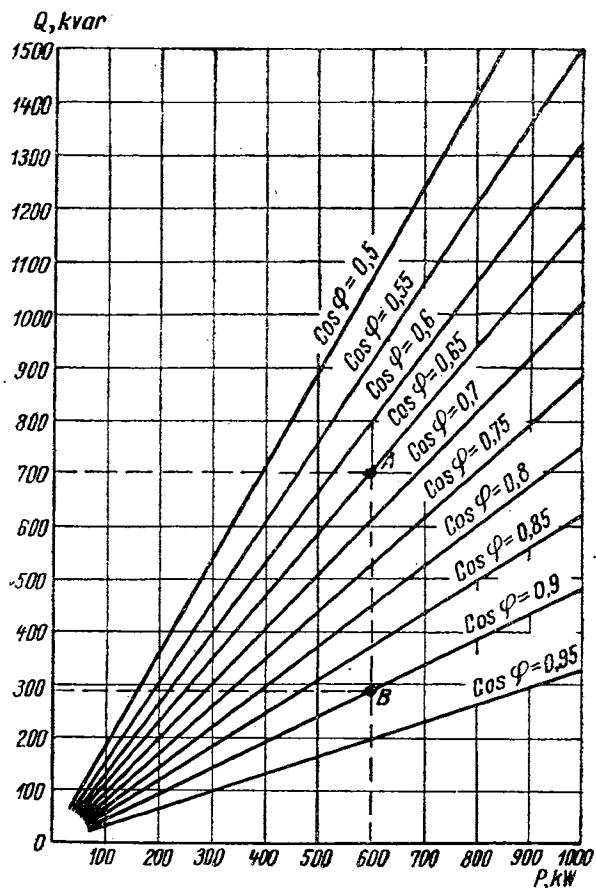


Fig. 11-3. Diagramă pentru determinarea factorului de putere în funcție de P și Q .

În situația de viitor (proiectată) se prevede a se realiza un factor de putere mediu pe întreprindere de 0,90 care va fi obținut prin instalarea de condensatoare de joasă tensiune.

Energia reactivă consumată de receptoare are valorile:

— receptoare de joasă tensiune:

$$W_{r1} \approx W_a \frac{Q_c}{P_c} = 8\,900 \frac{2\,700}{2\,300} \approx 10\,400 \text{ Mvarh};$$

— receptoare de înaltă tensiune:

$$W_{r2} \approx W_a \frac{Q_c}{P_c} = 4\,400 \frac{500}{1\,100} = 2\,000 \text{ Mvarh}.$$

Energia reactivă consumată de receptoare este

$$W_r = 10\,400 + 2\,000 = 12\,400 \text{ Mvarh}.$$

Timpu de utilizare a puterii maxime la receptoarele de joasă tensiune este

$$T_{p\max} = \frac{W_a}{P_c} = \frac{8\,900\,000}{2\,300} = 3\,870 \text{ h}.$$

La consumul de energie activă al receptoarelor se adaugă consumul de energie activă al transformatoarelor (pierderile în fier plus pierderile în cupru). Admițându-se funcționarea la sarcină nominală pe timpul $T_{p\max}$:

$$P_{tr} = 3(P_{Fe} + P_{Cu}) = 3(2,8 + 13,9) = 50,1 \text{ kW}.$$

$$W_{a\ tr} = 50,1 \times 3\,870 \text{ h} = 23\,400 \text{ kWh} = 23,4 \text{ MWh}$$

$$W_a = 13\,300 + 23,4 = 13\,324 \text{ MWh}$$

Pentru $\cos \varphi_2 = 0,9$, rezultă consumul de energie reactivă

$$W_r = W_a \operatorname{tg} \varphi_2 = W_a \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_2} - 1} = 13\,324 \sqrt{\frac{1}{0,9^2} - 1}$$

$$W_r = 13\,324 \times 0,48 = 6\,400 \text{ Mvarh}.$$

Energia reactivă consumată de transformatoare, considerate, pentru simplificare, uniform încărcate, este

$$W_{rtr} = S_{tr} \left(\frac{I_0 [\%]}{100} T_{tr} + \frac{\beta^2 U_{sc} [\%]}{100} T_{p\max} \right).$$

Luându-se pentru lucrul în două schimburi

$$T_{tr} = 1,3, T_a = 1,3 \times 4\,630 = 6\,020 \text{ h} \approx 6\,000 \text{ h},$$

$$S_{tr} = 3 \times 1\,000 = 3\,000 \text{ kVA}.$$

Pe de altă parte: $\beta^2 \approx 1^2 = 1$; $usc[\%] = 6$; $I[\%] = 2$.

Rezultă:

$$W_{rtr} = 3.000 \left(\frac{2}{100} \times 6.000 + \frac{1 \times 6}{100} \times 3.870 \right) = \\ = 3.000 (120 + 232) = 1.056.000 \text{ kvarh} = 1.056 \text{ Mvarh.}$$

Consumul total de energie reactivă este

$$W_r = 12.400 + 1.056 = 13.456 \text{ Mvarh/an.}$$

Energia reactivă care trebuie debitată de instalația de compensare este:

$$W_{rc} = 13.456 - 6.400 = 7.056 \text{ Mvarh/an.}$$

Considerînd timpul de funcționare a instalației de compensare $T = 6.000 \text{ h/an}$, rezultă puterea acesteia

$$Q_c = \frac{W_{rc}}{T} = \frac{7.056.000}{6.000} \approx 1.175 \text{ kvar.}$$

Se vor instala trei baterii de condensatoare, cîte una la fiecare din cele trei transformatoare, însumînd 1.185 kvar.

Repartizarea pe transformatoare se va face potrivit indicațiilor de la cap. XI, E.

Pentru puterea instalației de compensare dacă se aplică relația aproximativă, se obține

$$Q_c = \frac{1,1 \times 10.400 + 2.000 - 0,48 \times 13.324}{6.000} 10^3 = \frac{13.440 - 6.400}{6.000} 10^3 = \\ = \frac{7.040}{6.000} 10^3 \approx 1.175 \text{ kvar,}$$

adică, în acest caz, s-a obținut aceeași valoare ca și cea calculată mai înainte.

După instalarea bateriei de condensatoare, puterea reactivă cerută scade la $3.200 - 1.185 = 2.015 \text{ kvar}$, la care se adaugă consumul propriu al transformatoarelor.

Factorul de putere al puterii cerute este diferit de factorul de putere mediu și are valoarea

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{\tan^2 \varphi + 1}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2.015}{3.400}\right)^2 + 1}} \approx 0,86.$$

G. FACTORUL DE PUTERE OPTIM

În conformitate cu art. 48 din prescripțiile E 28-62 ale M.E.E. referitoare la alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali, se cere ca la marii consumatori să se prevadă măsuri care să asigure un factor de putere optim, adică un factor de putere la care *cheltuielile anuale* de calcul să fie minime.

Cheltuielile anuale care trebuie să fie luate în considerare pentru determinarea factorului de putere optim sînt acelea arătate la cap. XI, C, iar valoarea lor este dată de relația

$$F_a = Q_c(\alpha T p_{sc} + \beta \gamma p_{sc} + a_c F_{sc}) + p'_r (\alpha T + 1,2 \beta \gamma)$$

$$F_a = C Q_c + B p'_r$$

Coefficienții B și C sînt cei definiți de relațiile date la cap. XI, C.

În ceea ce privește cheltuielile anuale de calcul F , pentru compararea eficienței investițiilor în diferite variante, acestea se determină cu relația

$$F = a_n(C_1 + C_2) + F_a,$$

în care: a_n este coeficientul normat pentru eficacitatea investiției;

$C_1 + C_2 = Q_c F_{sc}$ — valoarea investiției (v. cap. XI, C).

Se obține

$$\begin{aligned} F &= a_n Q_c F_{sc} + F_a = \\ &= Q_c(\alpha T p_{sc} + \beta \gamma p_{sc} + a_c F_{sc} + a_n F_{sc}) + p'_r (\alpha T + 1,2 \beta \gamma). \end{aligned}$$

Se notează (ca mai înainte):

$$\alpha T + 1,2 \beta \gamma = B$$

$$\alpha T p_{sc} + \beta \gamma p_{sc} + a_c F_{sc} + a_n F_{sc} = D.$$

Rezultă:

$$F = D Q_c + B p'_r.$$

Pierderea de putere în rețea după compensare p'_r , pentru o rețea cu o rezistență R , are valoarea (v. cap. XI, B)

$$p'_r = \frac{1,1(Q - Q_c)^2 R}{10^3 U^2},$$

iar pentru o rețea complexă la care montarea instalației de compensare produce micșorarea puterii reactive în i ramuri (v. cap. XI, B),

$$p'_r = \frac{1,1\Sigma(Q_i - Q_{ci})^2 R'_l}{10^3 U^2} = \frac{1,1\Sigma(Q_i - Q_{ci}\eta_i)^2 R'_l}{10^3 U^2}.$$

Introducînd această valoare în expresia cheltuielilor F , se obține

$$F = DQ_c + B \frac{1,1\Sigma(Q_i - Q_{ci}\eta_i)^2 R'_l}{10^3 U^2}.$$

Derivînd în raport cu Q_c și egalînd derivata cu zero se obține

$$F' = D + \frac{1,1B}{10^3 U^2} \Sigma(-2Q_i\eta_i + 2Q_c\eta_i^2 R'_l) = 0$$

sau

$$D + \frac{B\Sigma 2,2Q_c\eta_i^2 R'_l}{10^3 U^2} - \frac{B\Sigma 2,2Q_i\eta_i R'_l}{10^3 U^2} = 0.$$

Valoarea Q_c pentru care este satisfăcută această relație (de anulare a derivatei), corespunde unei valori minime pentru cheltuielile anuale de calcul F și se notează cu $Q_{c\text{ opt}}$.

Scoțîndu-se din expresia precedentă valoarea $Q_{c\text{ opt}}$, se obține

$$Q_{c\text{ opt}} = \frac{\Sigma Q_i \eta_i R'_l}{\Sigma \eta_i R'_l} - \frac{D 10^3 U^2}{B \Sigma 2,2 \eta_i^2 R'_l}$$

Ținîndu-se seama că

$$\frac{2,2\Sigma Q_i \eta_i R'_l}{10^3 U^2} = K_e \text{ și } \frac{\Sigma 1,1 \eta_i^2 R'_l}{10^3 U^2} = A,$$

rezultă

$$Q_{c\text{ opt}} = \frac{K_e}{2A} - \frac{D}{2AB} = \frac{K_e - \frac{D}{B}}{2A}.$$

În cazul cînd pentru $Q_{c\text{ opt}}$ se obține o valoare negativă sau egală cu zero, montarea instalațiilor de compensare ar mări cheltuielile anuale de calcul în loc să le micșoreze.

Se constată că nu se obține direct o valoare optimă pentru factorul de putere, ci valoarea optimă a puterii instalației de compen-

sare; plecîndu-se de la această valoare se poate determina factorul de putere care rezultă pentru ansamblul rețelei întreprinderii, cu relația

$$\cos \varphi_{opt} = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + (W_r - Q_{c\,opt} T_p)^2}}.$$

În cazul cînd factorul de putere optim este mai mic decît cel normat (0,9) se va mări capacitatea bateriei pentru a obține $\cos \varphi \leq 0,9$, dacă recuperarea investițiilor se face în mai puțin decît 10 ani chiar și la capacitatea mărită.

H. COMPARAȚIA CHELTUIELILOR ANUALE DE CALCUL PENTRU DIFERITE PUTERI ALE INSTALAȚIEI DE COMPENSARE

Valoarea cheltuielilor anuale de calcul este dată de relația

$$F = DQ_c + Bp'_r.$$

Inițial, cînd rețeaua funcționează fără instalația nouă de compensare, $Q_c = 0$, iar $p'_r = p_0$, în care p_0 reprezintă pierderile înainte de compensare; deci cheltuielile anuale de calcul înainte de compensare sînt date de relația

$$F_0 = D \cdot 0 + Bp_0 = Bp_0.$$

După introducerea instalațiilor de compensare Q_{c1} , cheltuielile anuale de calcul devin

$$F_1 = DQ_{c1} + B(p_0 - \Delta p_1).$$

iar economia de cheltuieli de calcul este

$$\Delta F_1 = F_0 - F_1 = Bp_0 - DQ_{c1} - B(p_0 - \Delta p_1) =$$

$$= B\Delta p_1 - DQ_{c1} = B(K_e Q_{c1} - A Q_{c1}^2) - DQ_{c1} = (BK_e - D)Q_{c1} - ABQ_{c1}^2.$$

În mod similar, pentru o instalație de compensare cu puterea Q_{c2} , reducerea cheltuielilor anuale de calcul va fi

$$F_2 = F_0 - F_2 = (BK_e - D)Q_{c2} - ABQ_{c2}^2$$

și așa mai departe.

Cu aceste relații se poate compara economia de cheltuieli anuale de calcul pentru diferite mărimi ale instalației de compensare.

Timpul de recuperare a investițiilor pentru o instalație de compensare de valoare $Q_{c\ opt}$ este dat de relația (v. cap. XI, G):

$$n_{opt} = \frac{C_1 + C_2}{Q_c[(K_e - Q_c A)B - C']} = \frac{F_{sc}}{(K_e - Q_c A)B - C'}$$

Introducându-se valoarea

$$Q_c = Q_{c\ opt} = \frac{K_e - \frac{D}{B}}{2A},$$

rezultă

$$n_{opt} = \frac{F_{sc}}{\left(K_e - \frac{K_e - \frac{D}{B}}{2A} A \right) B - C'} = \frac{2 F_{sc}}{K_e B + D - 2 C'}$$

Exemplul 11-4. Se cere să se determine puterea optimă a instalației de compensare în cazul din exemplul 11-1.

Datele de bază sînt rezultatele

$$K_e = 0,1528 \quad B = 1\,990,8$$

$$A = 9,2165 \times 10^{-5} \quad C' = 9,795$$

$$D = (\alpha T + \beta \gamma) p_{sc} + (a_c + a_n) F_{sc} = 9,795 + (0,05 + 0,1) 250 = 47,295$$

$$Q_{c\ opt} = \frac{K_e - \frac{D}{B}}{2A} = \frac{0,1528 - \frac{47,295}{1990,8}}{2 \times 9,2165 \times 10^{-5}} = \frac{(0,1528 - 0,0238) 10^5}{18,433} = 700 \text{ kvar} \approx 705 \text{ kvar.}$$

Timpul de amortizare optim (pentru $Q_{c\ opt}$) este

$$\begin{aligned} n_{opt} &= \frac{2 F_{sc}}{K_e B + D - 2 C'} = \\ &= \frac{2 \times 250}{0,1528 \times 1\,990,8 + 47,295 - 2 \times 9,795} = \frac{500}{331,705} \approx 1,5 \text{ ani.} \end{aligned}$$

Dacă se calculează timpul de amortizare cu relația (v. cap. XI, H), se găsește

$$n = \frac{F_{sc}}{(K_e - Q_c A) B - C'} = \frac{250}{(0,1528 - 700 \times 9,2165 \times 10^{-5}) 1\,990,8 - 9,795} \approx 1,5 \text{ ani.}$$

adică aceeași valoare.

Dacă se ține seama și de cota de amortizare, în locul valorii C' se va introduce valoarea

$$C = C' + a_c F_{sc} = 9\,795 + 0,05 \times 250 = 9\,795 + 12,5 = 22\,295$$

și timpul de recuperare devine mai mare, adică

$$n = \frac{250}{(0,1528 - 760 \times 9,2165 \times 10^{-5}) 1\,990,8 - 22\,295} = 1,62 \text{ ani.}$$

1. SCHEMELE DE CONECTARE ALE CONDENSATOARELOR STATICE

Condensatoarele pentru tensiunile de 380 și 500 V sînt condensatoare trifazate cu conexiunea în triunghi și cu o putere reactivă nominală de 15 kvar. Pierderile în condensator sînt sub 0,6%.

Tensiunea de serviciu poate depăși cu cel mult 10% tensiunea nominală pe durate pînă la 24 h și cu 4% pe timp nelimitat.

Detalii asupra condensatoarelor (dimensiuni, greutate etc.) și a cadrelor pe care se montează sînt date la cap. III, I, k, și cap. XV, L.

Pentru asigurarea descărcării automate, fiecare baterie de condensatoare va avea conectată o rezistență de descărcare specială (lampa cu incandescență, rezistențe bobinate etc.).

În cazul conectării bateriei direct la bornele motoarelor sau transformatoarelor nu mai sînt necesare rezistențe speciale de descărcare, aceasta făcîndu-se prin înfășurările la bornele cărora este legată bateria.

Pentru conectarea și protecția bateriilor de condensatoare se folosesc fie întrerupătoare cu pîrghie și siguranță fuzibile, fie întrerupătoare sau contactoare automate. Curentul nominal al întrerupătoarelor cu pîrghie și al siguranțelor fuzibile trebuie să fie cel puțin dublu decît cel al bateriei. Întrerupătoarele automate pot avea intensitatea nominală egală cu cea a bateriei.

După deconectarea bateriei, înainte de a se umbla la ea, trebuie să se controleze și să se completeze descărcarea prin scurtcircuitarea bornelor condensatoarelor cu o piesă metalică legată la pămînt și fixată pe o tijă izolantă.

În fig. 11-4 se dau cîteva scheme de instalare a bateriilor de condensatoare.

Pentru controlul curentului absorbit de bateria de condensatoare este necesar să se instaleze câte un ampermetru pe fiecare fază; cu aceste ampermetre se controlează indirect starea dielectricului bateriei. Bateria trebuie deconectată când curentul depășește cu peste

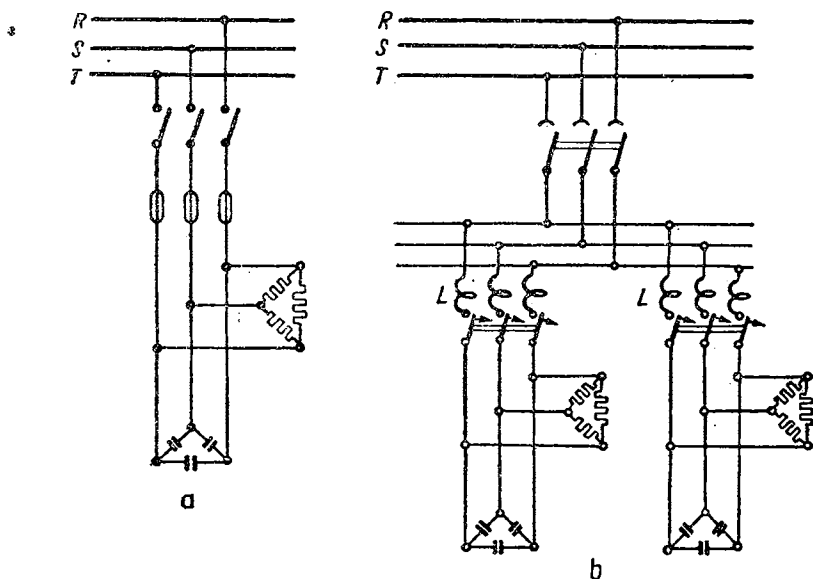


Fig. 11-4. Scheme de instalare a bateriilor de condensatoare cu rezistențe de descărcare conectate permanent:

a — baterie conectată prin înterupător cu pîrghie și siguranțe; b — două baterii conectate prin înterupătoare automate și (eventual) bobine de reacțanță în aer L .

20% valoarea corespunzătoare capacității reale. Pentru baterii mai importante este indicat să se instaleze și un contor de energie reactivă, pentru a se putea deduce, prin diferențe, consumul de energie reactivă al receptoarelor și a se controla modul de folosire al bateriei.

Rezistențele de descărcare se pot monta fie permanent la bornele bateriei ca în fig. 11-4, fie numai în momentul deconectării, de exemplu prin contactele auxiliare normal închise ale înterupătorului automat din fig. 11-5, realizîndu-se astfel o economie de energie și de lămpi electrice (în cazul folosirii acestora drept rezistențe de descărcare).

Rezistențele de descărcare se montează în triunghi, asigurându-se astfel descărcarea condensatoarelor chiar dacă una dintre rezistențele de descărcare este întreruptă.

Pentru transformatoarele care rămân continuu sub tensiune însă sarcina este variabilă în cursul unei zile, iar în unele ore este foarte

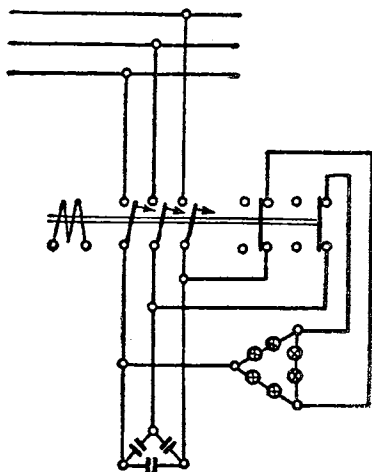


Fig. 11-5. Schema unei baterii de condensatoare cu rezistență de descărcare conectată prin contactele auxiliare ale întrerupătorului automat.

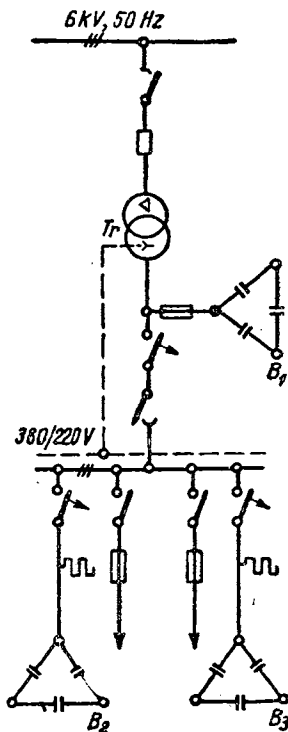


Fig. 11-6. Instalarea unor baterii de condensatoare la un post de transformare cu un transformator.

redusă, este indicat a se aplica o schemă ca în fig. 11-6, în care bateria este fracționată în două sau trei grupe. Grupa B_1 este conectată direct la bornele transformatorului. Această grupă acoperă consumul de energie reactivă al transformatorului și al receptoarelor conectate la sarcina minimă. Grupa B_2 și eventual și B_3 sint conectate în orele cu încărcare mai mare (ambele grupe în orele de vîrf).

Conectarea și deconectarea diferitelor grupe se poate face fie manual, fie automat (de exemplu printr-un dispozitiv de programare

cu came și contacte, acționat de un ceas electric, fie prin impulsuri de curent continuu emise de un ceas principal al întreprinderii, fie printr-un releu de timp lung cu micromotor sincron monofazat alimentat pe 220 V la 50 Hz).

Conectarea automată a bateriei se poate face și prin relee de curent, de tensiune sau de putere; cel mai răspândit sistem este însă cel cu comandă în funcție de timp (fig. 11-7).

La comanda automată prin relee de tensiune, temporizarea dată de releele de timp trebuie să fie de 3—4 min, iar variația de tensiune provocată de conectarea bateriei să fie mai mică decât diferența între reglajele releelor de tensiune maximă și minimă.

Pentru micșorarea curenților care apar la conectarea unei baterii de condensatoare în paralel cu altă baterie, se pot folosi bobine de reactanță cilindrice în aer, formate din 10—12 spire alăturate, cu diametrul de 25—30 mm, folosindu-se conductor izolat F500 de secțiune corespunzătoare curentului absorbit de baterie.

Valoarea rezistenței de descărcare se determină cu relația

$$R_{[Q]} = \frac{t[s]}{C_{[F]} 2,3 \lg \frac{U_0}{U_{adm}}},$$

în care: t este timpul de descărcare, pentru ca tensiunea să scadă de la valoarea inițială U_0 (egală cu tensiunea rețelei) la valoarea maximă admisibilă $U_{adm} \approx 12$ V; se ia $t \approx 30$ s;

C — capacitatea bateriei, dată de relația $C_{[F]} = \frac{10^3 Q_{[kvar]}}{U^2_{[V]} \omega}$,
 Q fiind puterea bateriei, U — tensiunea și $\omega = 2\pi f$ — pulsația (la frecvența $f = 50$ Hz, $\omega = 314$).

Exemplul 11-5. Se cere să se determine valoarea rezistențelor de descărcare pentru o baterie de 300 kvar, la tensiunea de 380 V la $t = 30$ s și $U_{adm} = 12$ V.

Capacitatea bateriei este

$$C_F = \frac{10^3 \times 300}{380^2 \times 314} = \frac{300\,000}{45\,200\,000} = 0,00665 \text{ F.}$$

Rezultă:

$$R = \frac{30}{0,00665 \times 2,3 \lg \frac{380}{12}} = \frac{30}{0,00665 \times 2,3 \times 1,5} = 1\,310 \, \Omega.$$

Puterea absorbită de rezistența la 380 V este

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{380^2}{1310} \approx 110 \text{ W.}$$

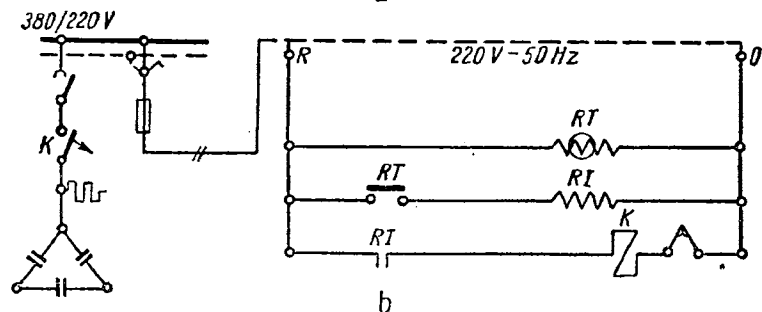
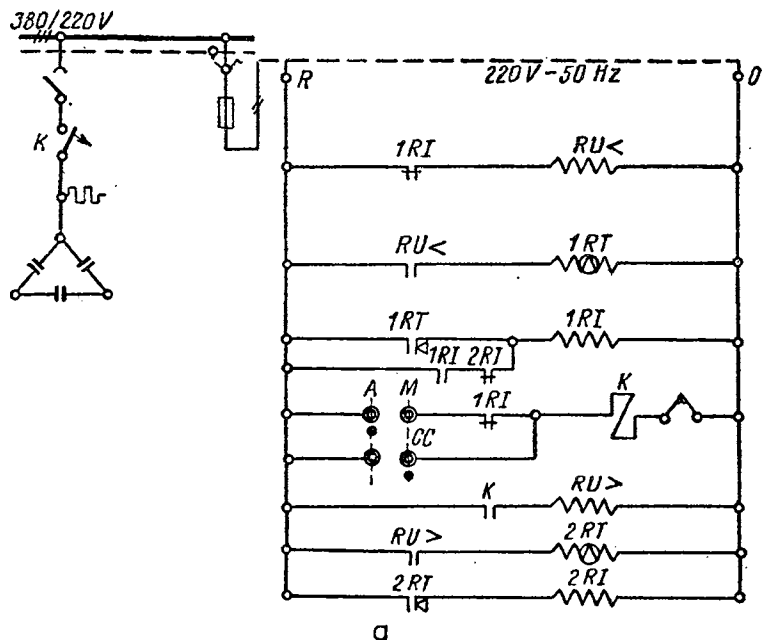


Fig. 11-7. Comanda automată a conectării unei baterii de condensatoare:

a — prin releu de tensiune maximă $RU >$ și minimă $RU <$; b — prin releu de timp (ceas electric de comandă după program); RT — releu de timp; RI — releu intermediar; K — contactor automat; CC — cheie de comandă cu două poziții: A — automat; M — comandă manuală.

Rezistența poate fi formată din două lămpi cu incandescență de 75 W, 220 V în serie, fiecare lampă avînd rezistența

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{75} = 646 \Omega.$$

XII. INSTALAȚII DE ACUMULATOARE¹

A. GENERALITĂȚI

Bateriile de acumulare se folosesc pentru alimentarea cu energie electrică, în condiții speciale, a anumitor categorii de instalații și receptoare de curent continuu, după cum se arată în continuare (nu vor fi tratate instalațiile și echipamentele de telecomunicații, care nu fac obiectul acestei lucrări).

1. Instalații și agregate de intervenție în caz de avarie a rețelei de curent alternativ. La aceste instalații bateria de acumulare constituie sursa independentă de alimentare cu energie electrică. Puterea cerută de receptoarele alimentate au caracterul unei sarcini temporare, accidentale. Pentru buna funcționare a receptoarelor trebuie să se asigure limitarea variației de tensiune la bornele acestora la cel mult $\pm 5\%$ din tensiunea nominală.

Conectarea sursei de alimentare cu acumulare se face automat, la dispariția tensiunii alternative. De la caz la caz, revenirea pe alimentarea de bază (de curent alternativ) se poate face automat sau manual. La instalațiile cu pauze mari în utilizarea normală (de exemplu în timpul nopții), dispozitivul de conectare automată a sursei de rezervă trebuie să fie blocat, pentru a evita solicitarea inutilă a bateriei de acumulare.

a. Instalații de iluminat de siguranță. Aceste instalații se alimentează de la o baterie de acumulare în cazurile prevăzute de Normativul C.S.C.A.S. I.7-62 (în condițiile art. 7.3.5, 7.3.9 și 7.3.10 din acest normativ), și anume, în cazurile cînd întreprinderea iluminatului poate să producă accidente grave de persoane, pagube materiale importante etc.

Capacitatea bateriei de acumulare se alege astfel încît să asigure funcționarea neîntreruptă a iluminatului de siguranță timp de 3 h.

b. Agregate de intervenție în caz de avarie. Astfel de agregate sînt pompele de ulei (acționate cu curent continuu)

¹ Se tratează numai bateriile de acumulare cu plumb.

din sistemul de ungere de avarie a turbinelor de abur, grupurile motor (de curent continuu)-generator (de curent alternativ) care acționează vanele conductelor de abur sau de apă din centralele electrice, sau mecanismele tehnologice, a căror funcționare trebuie asigurată și în caz de avarie.

Capacitatea bateriei de acumulate se alege în funcție de durata maximă prezumată în întreruperea alimentării de bază și de exigențele tehnologice cu privire la regimul de avarie (de exemplu posibilitățile de oprire a producției).

2. Circuite pentru lămpi de semnalizare și control. Aceste circuite alimentează lămpi de tablouri, care semnalizează pozițiile întrerupătoarelor și ale separatoarelor din instalații energetice, starea de lucru a anumitor agregate tehnologice etc. Lămpile pentru controlul siguranțelor — în instalațiile de curent continuu — fac parte de asemenea din această categorie (aceasta constituie o parte din sarcina permanentă a bateriei de acumulate).

La aceste circuite se admit căderi de tensiune pînă la 20—25% din tensiunea nominală. Creșteri de durată peste valoarea tensiunii nominale nu pot fi admise, întrucît prin această se scurtează apreciabil durată de utilizare a lămpilor.

3. Circuite pentru aparate de comandă și protecție. Aceste circuite notate cu c_1 și c_2 au următoarele roluri:

c_1 — alimentează aparate care formează sarcina permanentă a bateriei, cum sînt releele de protecție și de automatizare, unele dispozitive electromagnetice care indică poziția separatoarelor, starea agregatelor tehnologice etc.;

c_2 — pentru aparate cu funcționare intermitentă, cum sînt releele (de curent continuu) folosite pentru comandă și protecție (relee intermediare, de timp și de semnalizare), dispozitivele solenoidale de declanșare, contactoarele intermediare etc.

Puterea cerută în astfel de circuite variază de la cîteva wați (în cazul releelor) pînă la cîteva sute de wați, în cazul dispozitivelor de declanșare, variația de tensiune admisă fiind de $\pm 10\%$.

4. Circuite pentru alimentarea mecanismelor directe de acționare a conectărilor primare. Mecanismele de acționare fac parte din sarcina temporară a bateriei de acumulate. Puterea cerută pe aceste circuite poate să ajungă pînă la cîteva zeci de kilowați; la bornele mecanismelor se admit abateri de tensiune cuprinse între 80 și 110% față de tensiunea nominală. Acumulatele utilizate în astfel de instalații sînt de tipul cu descărcare rapidă (cu plăci Li), care pot suporta curenții de pornire ai mecanismelor de acționare.

B. REGIMURI DE UTILIZARE A BATERIILOR DE ACUMULATOARE

1. **Generalități.** Bateriile de acumulate se pot găsi în exploatare într-una dintre următoarele situații:

- în repaus (bateria deconectată, în gol);
- în regim de descărcare (bateria conectată la circuitele de utilizare);
- în regim de încărcare (bateria interconectată cu agregatul de încărcare).

Tensiunea la bornele bateriei variază între limite relativ largi, în funcție de situația în care aceasta se găsește; astfel, după STAS 445-52, valorile tensiunii sînt următoarele:

— în gol, la un element complet încărcat, trebuie să fie de cel puțin 2,03 V și de cel mult 2,05 V (la densitatea electrolitului $\gamma = 1,205 \text{ g/cm}^3$ și la temperatura de 25°C);

— la descărcare, tensiunea poate să scadă pînă la 1,75 V pe element (tensiunea de descărcare limită U_{dl}) în cazul regimurilor de descărcare de 1 sau 2 h, respectiv pînă la 1,8 V pe element în cazul regimurilor de descărcare de 3 pînă la 10 h;

— la încărcare, tensiunea limită U_u este de 2,5—2,75 V pe element (la sfîrșitul încărcării).

Astfel la bornele bateriei tensiunea variază de la 87,5% din valoarea nominală (limita inferioară admisă în cazul descărcărilor rapide) pînă la 137,5% (limita superioară, atinsă la sfîrșitul încărcării).

Pentru a menține tensiunea constantă, în circuitele de utilizare, indiferent de regimul de funcționare a bateriei (încărcare—descărcare) și de starea de încărcare a acesteia, se folosesc comutatoare speciale de reglaj cu care se modifică numărul elementelor conectate la barele de utilizare. Comutatorul de baterie se folosește și pentru menținerea tensiunii constante, la variația sarcinii.

Numărul total de elemente ale bateriei se determină cu relația

$$N = \frac{U_b}{U_{dl}},$$

în care: U_{dl} este tensiunea de descărcare limită (1,75 V la acumulatorul cu plăci de plumb);

U_b — tensiunea la bornele bateriei, care trebuie să fie cu 5% mai mare decît tensiunea nominală a receptoarelor de curent continuu pe care le alimentează.

Numărul de elemente de bază ale bateriei se stabilește cu relația

$$N_b = \frac{U_b}{U_u},$$

în care U_u este tensiunea limită la sfîrșitul încărcării (2,5—2,75 V pe element).

Numărul de elemente suplimentare N_s , care se conectează la comutator rezultă din relația

$$N_s = N - N_b.$$

La încărcare, elementele suplimentare extreme ale bateriei se încarcă într-un timp mai scurt, din următoarele două motive:

— au fost solicitate mai puțin timp la descărcare decît celelalte elemente (adică numai spre sfîrșitul descărcării bateriei);

— la încărcare sînt străbătute de suma curenților $I_i + I_s$ (de încărcare și de sarcină), pe cînd restul elementelor se găsesc numai sub acțiunea curenților I_i .

Bateria se protejează cu siguranțe fuzibile contra suprain tensităților; ampermetrul trebuie să fie de tip magnetoelectric, cu indicator de zero la mijloc, pentru a putea indica atît curenții de încărcare cît și cei de descărcare.

Generatorul de încărcare se protejează cu un întrerupător automat maximal de curent, prevăzut cu releu de curent invers (acesta din urmă pentru a împiedica descărcarea bateriei pe generator).

2. Regimul încărcare-descărcare. În fig. 12-1 este indicată schema de principiu a unei instalații de acumuloare cu bateria în regim de încărcare-descărcare.

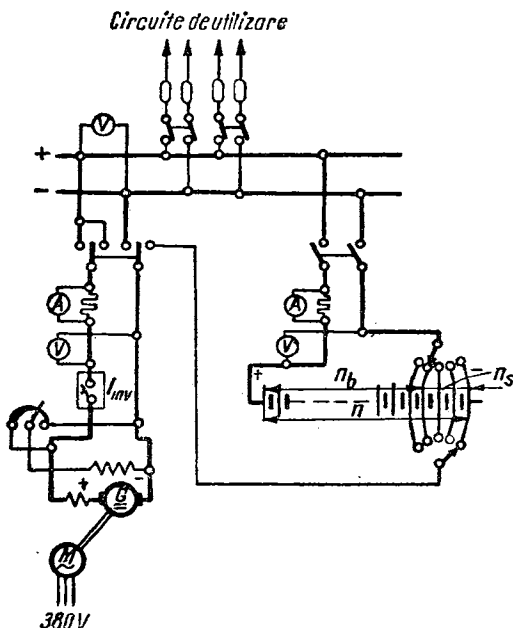


Fig. 12-1. Schema de principiu a unei instalații de curent continuu cu o singură baterie de acumuloare funcționând în regim de încărcare-descărcare.

Bateria, deconectată de la sursa de încărcare, debitează o anumită perioadă de timp (pînă la cîteva zile) pe o sarcină constantă (lămpi de semnalizare, aparate de semnalizare, relee, contactoare etc., care sînt permanent conectate), putînd să preia și sarcinile de scurtă durată (bobinele mecanismelor intermediare sau directe de comutație), precum și sarcina de avarie (iluminatul de siguranță, agregatele de intervenție).

Pentru a putea face față situațiilor de avarie repetate, care sînt independente de starea de încărcare a bateriei, descărcarea acesteia se limitează la 60—70% din capacitatea nominală.

O dată atinsă această limită de descărcare, bateria trebuie să fie trecută în regim de încărcare.

Pentru o mai bună siguranță, în instalațiile importante se prevăd scheme cu două baterii, astfel că în timp ce o baterie se găsește în regim de descărcare, cealaltă este în regim de încărcare (fig. 12-2).

Utilizarea bateriilor de acumulatoare în regim de încărcare-descărcare prezintă dezavantaje apreciabile, și anume:

— plăcile sînt expuse uzurii premature, ca urmare a încărcării frecvente a bateriei, de cele mai multe ori în regim de încărcare rapidă;

— siguranță redusă în alimentarea instalației de curent continuu (în cazul unei singure baterii și a unor avarii repetate se poate ajunge la descărcarea completă a bateriei, exploatarea respectivă rămînînd, pe timpul necesar reîncărcării, fără rezervă de capacitate);

— exploatare dificilă.

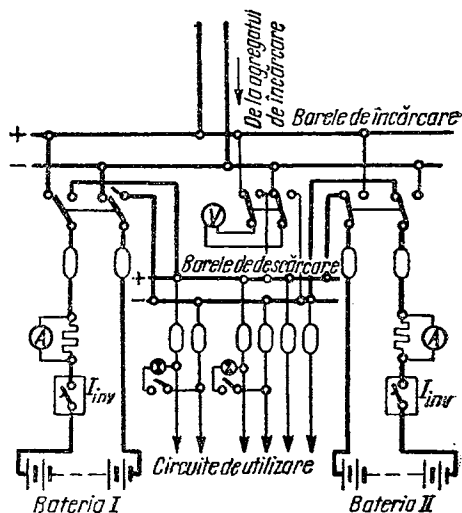


Fig. 12-2. Schema de principiu a unei instalații de curent continuu cu două baterii de acumulatoare funcționînd în regim de încărcare-descărcare.

3. Regimul de încărcare permanentă. În fig. 12-3 se indică schema de principiu pentru conectarea unei baterii de acumula-toare în regim de încărcare permanentă.

În acest regim bateria funcționează în paralel, cu un generator de încărcare-permanentă. Acesta este cuplat continuu la barele de

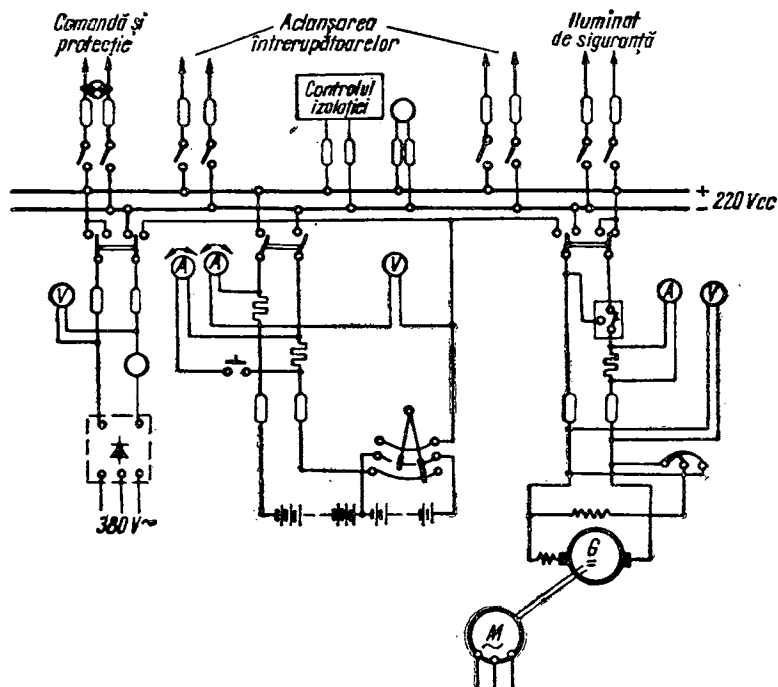


Fig. 12-3. Schema de principiu a unei instalații de curent continuu cu o singură baterie de acumula-toare funcționând în regim de încărcare permanentă.

distribuție și furnizează atât curentul sarcinii permanente cât și curentul necesar bateriei pentru compensarea autodescărcării. În acest fel bateria este totdeauna încărcată. Instalația cuprinde astfel și un generator de încărcare, care asigură reîncărcarea rapidă a bateriei, de câte ori aceasta a fost solicitată pentru intervenții *la avarie*.

Pentru a determina curentul corespunzător de încărcare permanentă I_{ip} , se are în vedere ca fiecare element să fie supus unei astfel de tensiuni, și anume:

$$U_{ip} > U_{dl}, \text{ deci } N \cdot U_{ip} > U_b.$$

Tensiunea de încărcare permanentă U_{ip} , pentru acumulatele cu plăci de plumb, este 2,15 V pe element (conform STAS 445-52).

Pentru a menține constantă tensiunea bateriei, se conectează în circuitul de încărcare permanentă numai numărul de elemente $N_{ip} = \frac{U_b}{U_{ip}}$ (conectate între borna + și peria de descărcare P_1).

Numărul de elemente ($N - N_{ip}$) aflate între periile P_1 și P_2 nu funcționează în regim de încărcare permanentă. Aceste elemente se încarcă o dată cu reîncărcarea periodică a bateriei cu ajutorul *generatorului de încărcare de avarie*.

Folosirea bateriilor de acumulate în regim de încărcare permanentă este recomandată în toate cazurile, datorită avantajelor pe care le prezintă, și anume:

- siguranță mărită în alimentarea instalațiilor de curent continuu;
- necesită baterii cu capacitate relativ redusă (deoarece acestea se găsesc în stare încărcată, gata să alimenteze sarcina de avarie);
- durata de serviciu a bateriei este prelungită (descărcarea, respectiv reîncărcarea, se efectuează rar, numai la avarie).

XIII. INSTALAȚII DE PARATRĂSNETE

A. GENERALITĂȚI

Proiectarea și executarea instalațiilor de paratrăsnete sînt reglementate prin Normativul C.S.C.A.S. 30.06.60, care prevede obligativitatea dotării cu astfel de instalații a construcțiilor la care loviturile de trăsnet pot să provoace incendii, explozii, sau alte pagube materiale importante, precum și victime omenești.

Printre cele mai importante categorii de construcții care trebuie să fie prevăzute cu instalații de paratrăsnete sînt următoarele:

- clădirile și instalațiile de categoria A sau B ce prezintă pericol de incendiu;

- parcurile de rezervoare supraterrane sau semiîngropate, care conțin substanțe combustibile sau inflamabile;

- clădirile industriale de categoria C ce prezintă pericol de incendiu, care sînt amplasate în regiuni cu mai mult decît 30 furtuni pe an, indicate în harta keraunică (fig. 13-1);

- clădirile care reprezintă o importanță deosebită din punct de vedere al echipamentului tehnic cu care sînt echipate, cum sînt centralele de telecomunicații, laboratoarele de cercetări etc.;

- construcțiile care adăpostesc aglomerări de persoane, ca: teatre, cinematografe, circuri, săli de concert, cămine culturale cu o capacitate mai mare decît 400 persoane, restaurante și magazine cu o suprafață mai mare decît 1 000 m² (exclusiv depozitele și dependențele lor), spitale cu 75 de paturi și mai mult, școli care au mai mult decît 10 săli de clasă etc.;

- clădirile care reprezintă sau adăpostesc valori de mare importanță culturală; ca: muzee, pinacoteci, depozite de documente prețioase, expoziții permanente, monumente etc.;

- clădirile de locuințe cu peste 12 niveluri și clădirile cu locuințe turn, izolate de alte construcții vecine, acestea din urmă dacă sînt așezate pe terenuri foarte favorabile căderii trăsnetelor;

- construcțiile înalte, coșuri de fum, turnuri, castele de apă, silozuri etc.;

- construcțiile din sectorul agrozootehnic, conform prevederilor normativului M.M.E.S. ID₂ — pentru proiectarea instalațiilor electrice din acest sector.

B. ORGANIZAREA INSTALAȚIILOR DE PARATRĂSNETE

1. Dispozitive de captare. Alegerea și dispunerea acestor dispozitive se face în funcție de geometria și de natura construcției, astfel încît să se creeze zone de protecție corespunzătoare în condiții economice, urmărindu-se totodată afectarea la minimum a aspectului arhitectonic al obiectivului protejat.

Dispozitivele de captare pot fi de tip vertical reprezentate prin tije sau catarge, sau de tip orizontal, reprezentate prin rețele de captare.

Dispozitivele verticale cu tijă sau catarg au o rază de protecție relativ redusă (aproximativ egală cu înălțimea lor) și pun probleme deosebite pentru fixarea pe construcții; în afară de aceasta, la construcțiile cu o arhitectură mai pretentioasă, aceste dispozitive nu pot fi admise, întrucât le prejudiciază aspectul arhitectonic; din aceste motive utilizarea tijelor este limitată la protejerea construcțiilor înalte cu dimensiuni în plan reduse (cum sînt coșurile de fum, castelele de apă etc.) sau, uneori, pentru protejerea suprastructurilor, în completarea instalațiilor cu dispozitive de captare de tip orizontal (fig. 13-2).

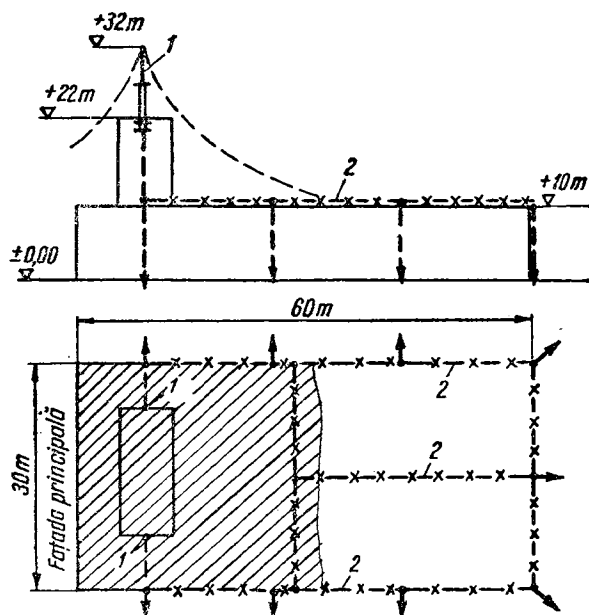


Fig. 13-2. Protejarea unei construcții cu dispozitive (conduitoare) de captare combinată:

1 — vertical, cu catarg; 2 — orizontal, cu rețea; 3 — conductor de coborîre.

Dispozitivele de tip vertical se prevăd de regulă pentru protecția pe zone a construcțiilor și uneori în cazuri speciale, unde costul ridicat al acestor dispozitive este justificat prin importanța

deosebită a obiectivelor de protejat (depozite de materiale explozive, rezervoare de carburanți etc.).

La construcțiile obișnuite se preferă, din motivele arătate mai înainte, folosirea dispozitivelor tip de orizontal, cu rețea. Dispunerea acestor dispozitive se face în funcție de forma și de dimensiunile acoperișului, ținându-se seama de următoarele criterii:

— la construcțiile cu lățimi sub 20 m și cu diferența de înălțime, între coama acoperișului și marginile acestuia, până la 1 m; se prevăd dispozitive de captare numai pe marginile acoperișului (fig. 13-3, a); în acest mod se tratează și acoperișurile tip terasă, care au lățimea mai mică decât 20 m;

— la aceeași diferență de înălțime, dacă clădirea este mai lată de 20 m, se prevede montarea dispozitivului de captare și pe coama acoperișului, respectiv pe axul terasei (fig. 13-3, b);

— când diferența de nivel este mai mare decât 1 m, iar lățimea clădirii este sub 12 m, dispozitivele de captare se prevăd pe coamă și pe cel puțin două laturi frontale ale acoperișului (fig. 13-3, c); dacă lățimea clădirii depășește 12 m, dispozitivele de captare se prevăd pe coamă și pe toate laturile acoperișului (fig. 13-3, d).

La coșurile de fum, dispozitivul de captare se realizează sub forma unui inel din bandă de oțel zincat cu grosimea de 8—10 mm,

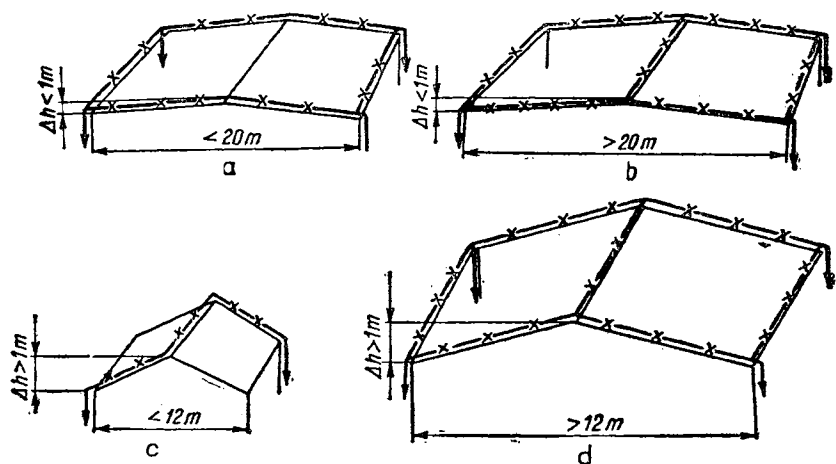


Fig. 13-3. Dispunerea dispozitivelor de captare orizontale (tip rețea) în cazurile a—d, după lățimea clădirii și Δh .

prevăzut cu tijă de captare, din oțel zincat, cu lungimea de cel mult 1 m, înclinată cu 30° spre exterior (fig. 13-4).

Elementele metalice de pe acoperișuri (jgheaburi, îmbrăcămînți din tablă etc.) se leagă la dispozitivele de captare. Acoperișurile cu structură metalică se pot folosi ca dispozitiv de captare, cu asigurarea continuității electrice între elementele componente (învelitoare, șarpantă etc.).

Conform STAS 6049-59, pentru executarea dispozitivelor de captare se folosește numai material masiv, și anume:

— oțelul zincat cu secțiunea minimă de 50 mm^2 sub formă de benzi avînd secțiunea de $20 \times 2,5 \text{ mm}^2$, sau de bare cu secțiune circulară avînd diametrul de 8 mm; pentru dispozitivele de tip vertical cu tijă se folosesc bare masive de oțel galvanizat, dimensionate în funcție de lungimea lor; în condiții

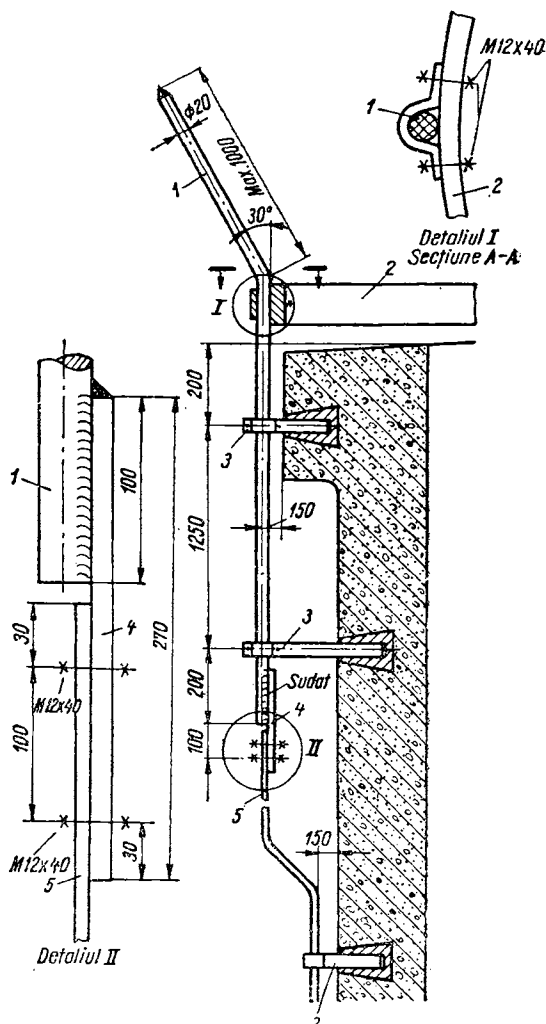


Fig. 13-4. Dispozitiv de captare pentru coșuri de fum, cu elementele componente din oțel zincat:

- 1 — tijă de captare; 2 — inel de captare de 80×10 ; 3 — suport de 60×6 ; 4 — piesă de legătură de 60×6 ; 5 — conductor de coborîre de $20 \times 2,5$.

de atmosferă corosivă (pe litoralul marin, în incintele fabricilor de produse chimice etc.) se recomandă ca oțelul zincat să se protejeze suplimentar prin plumbuire;

— cuprul¹ sub formă de conductoare cu secțiunea circulară, avînd secțiunea minimă de 25 mm².

2. Dispozitivele de coborîre. Numărul și dispunerea acestor dispozitive se stabilesc în funcție de dimensiunile și de natura construcțiilor.

Orice construcție protejată cu instalații de paratrăsnet trebuie să fie prevăzută cu cel puțin două conductoare de coborîre; sînt exceptate construcțiile înguste și înalte, cu înălțimea de cel mult 40 m și la care dimensiunea maximă în plan nu depășește 12 m, cu condiția ca acoperișul acestora să fie din materiale incombustibile. În această categorie intră coșurile de fum, castelele de apă, unele tipuri de turnuri etc.

La construcțiile cu lățimea mai mare decît 12 m se prevăd cel puțin patru coborîri, repartizate pe toate laturile clădirii; dacă pereții sînt executați din materiale incombustibile, se admite ca pe fațada principală conductoarele de coborîre să fie îngropate sub tencuială, sau înglobate în betoane.

La construcțiile cu dimensiuni mari în plan se prevăd coborîri, pe toate laturile, din 20 în 20 m.

Construcțiile de categoria A sau B cu pericol de incendiu, cu lățimea mai mare decît 6 m, se prevăd cu cel puțin patru conductoare de coborîre. Pe conturul clădirilor din aceste categorii, coborîrile se dispun la o depărtare de cel mult 10 m.

Elementele metalice ale construcțiilor, inclusiv armăturile din beton, precum și conductele de apă, glisierile de ascensoare, scările de incendiu etc. pot fi utilizate drept conductoare de coborîre cu condiția să se realizeze continuitatea electrică a căilor de coborîre prin îmbinări sudate. Conductele de gaze sau pentru alte fluide combustibile nu pot fi folosite drept căi de coborîre.

Toate conductoarele de coborîre se prevăd cu piese de separație din oțel zincat (STAS 6049-59) la punctele de racordare cu instalația de legare la pămînt (piesele de separație se amplasează la înălțimea de 1,5—2,5 m).

¹ Folosirea cuprului pentru instalații de paratrăsnete este admisă numai în cazuri deosebite, pentru care trebuie să se obțină aprobări speciale.

pământ trebuie să fie de 2 m, iar adâncimea minimă, deasupra elementelor îngropate în pământ — de 0,5 m sub nivelul solului.

Normativul 30.06.60 admite pentru instalația de paratrăsnet folosirea prizei de pământ naturale a construcțiilor (cum sînt construcțiile cu elemente metalice îngropate în sol, construcțiile cu fundații din beton armat etc.), cu condiția ca această priză să aibă o rezistență de dispersie mai mică decît 5Ω .

De regulă priza de pământ a instalației de paratrăsnete trebuie să fie separată electric de celelalte prize de pământ cu care mai poate fi dotată o construcție (de ex. priza de pământ a instalației de protecție contra tensiunilor periculoase de atingere, priza de pământ a instalației de firme și reclame luminoase etc.). Pentru realizarea acestei separații se impune ca elementele prizelor de pământ ale instalațiilor de paratrăsnete să fie amplasate la distanțe de cel puțin 5 m de celelalte prize de pământ; normele impun de asemenea ca în cazurile cînd clădirea este dotată cu astfel de prize de pământ de folosință diferită, priza instalației de paratrăsnete să aibă rezistența de dispersie cea mai coborîtă.

În cazurile în care separarea electrică a instalațiilor de legare la pământ cu utilizări diferite nu este practic posibilă, așa că cum se constată la construcțiile metalice, sau la construcțiile din beton puternic armate, cu fundații armate extinse, se admite — prin derogare de la prevederile normativului 30.06.60, aprobat de C.S.C.A.S. — să se folosească în comun priza de pământ a construcției pentru diversele categorii de instalații, cu condiția ca rezistența de dispersie a acestei prize să aibă o valoare mai mică decît 1Ω . Se impune în acest caz executarea unor legături complexe pentru egalizarea potențialelor și dimensionarea corespunzătoare a conductoarelor de protecție pentru limitarea tensiunilor de atingere ce pot apărea în ansamblul instalațiilor de protecție și pe structurile metalice ale construcției, ca urmare a trecerii prin instalații a curentului produs de trăsnet. În acest caz, elementele eventualelor prize de pământ artificiale existente se leagă prin legături galvanice sigure la elementele metalice îngropate care formează priza naturală a construcției.

4. Elementele prizelor artificiale de legare la pământ. Pentru realizarea acestor prize se folosesc metodele de calcul și materialele indicate în capitolul XIV.

XIV. PROTECȚIA CONTRA ELECTROCUTĂRII

A. GENERALITĂȚI

Trecerea prin corpul omului a unui curent de peste 0,012 A la frecvența industrială de 50 Hz poate avea efecte periculoase. Un curent de 0,1 A este considerat drept mortal dacă durată de trecere prin corp depășește 0,1—0,2 s.

Corpul omului, când pielea este umedă, prezintă la trecerea curentului o rezistență de 800—1 000 Ω .

Atingerea directă a unei faze într-o rețea de 380/220 V de către un om care stă cu picioarele pe o podea bună conducătoare și în contact cu pământul poate avea efecte fatale.

Protecția contra electrocutării are două domenii de aplicare:

— protecția contra atingerii pieselor aflate normal sub tensiune;

— protecția contra tensiunilor accidentale de atingere (contact), care apar la piese metalice aflate în mod normal fără tensiune dar care pot căpăta tensiune în urma unui defect de izolație.

La proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor electrice se vor respecta toate prevederile referitoare la protecția muncii cuprinse în normative, standarde de stat, prescripții sau instrucțiuni, în vigoare.

1. Protecția contra atingerii directe a pieselor sub tensiune. Când nu se pot folosi tensiuni reduse (de ex. 6 V), protecția în acest caz se obține prin următoarele mijloace:

— îngrădirea sau carcasarea părților sub tensiune;

— prevederea eventuală de blocaje care scot automat de sub tensiune instalația la îndepărtarea îngrădirilor, la deschiderea ușilor, a capacelor etc.;

— instalarea de etichete (tablățe) avertizoare de pericol;

— instalarea elementelor sub tensiune în locuri inaccesibile în mod obișnuit, de exemplu la înălțimi mai mari decât 3,5 m de la sol.

2. Protecția contra tensiunilor accidentale de atingere. Această protecție se realizează astfel:

— prin legarea la pământ în rețelele cu neutrul izolat sau în rețelele cu patru conductoare (de ex. în cele cu tensiunea de

220/108 V), la care nu sînt îndeplinite condițiile de legare la nul și întreprinderea regională de electricitate impune legarea la pămînt;

— prin legarea la nul, în rețelele cu patru conductoare (la distribuție în stea cu fir neutru);

— prin deconectarea cu releu de tensiune accidentală;

— prin egalizarea potențialelor;

— prin separarea de protecție;

— prin izolarea suplimentară de protecție;

— prin folosirea tensiunilor reduse.

Măsurile de protecție contra tensiunilor de atingere trebuie luate în toate instalațiile electrice cu o tensiune mai mare decît 40 V față de pămînt.

În cadrul protecției contra tensiunilor de atingere se rezolvă și protecția contra tensiunii de pas. Tensiunea de pas este definită prin diferența de potențial care apare între două puncte de la suprafața solului pe care omul se poate afla cu picioarele în apropierea unei prize de pămînt străbătute de curent; distanța între tălpile picioarelor se consideră de 0,8 m.

Nu este necesar a se lua măsuri de protecție contra tensiunilor de atingere în următoarele cazuri:

— în instalațiile cu tensiuni mai mici decît 40 V, cu excepția instalațiilor de iluminat din locuri periculoase și foarte periculoase, unde se prevede folosirea tensiunilor reduse de 24 și 12 V;

— în instalațiile cu tensiuni mai mari decît 40 V, pînă la maximum 250 V față de pămînt, din încăperi normale (fără umiditate, praf, vapori corosivi etc.), cu pardoseli izolante, din construcțiile de locuit, administrative, sociale și comerciale, în care nu există posibilitatea să se atingă în același timp unele părți din echipamentele electrice și obiecte legate la pămînt (instalații de apă, gaz, încălzire etc.), sau două utilaje electrice (mașini electrice de birou, lămpi de birou etc.);

— la tuburile metalice de protecție ale conductoarelor electrice și la armăturile metalice ale cablurilor din încăperile normale, chiar cu pardoseli neizolate din construcțiile de locuințe, administrative, sociale și comerciale.

Aparatele și elementele legate solidar și cu contact electric bun cu construcții metalice legate la pămînt sau la nul nu au nevoie să mai fie protejate și separat.

B. APARIȚIA TENSIUNILOR ACCIDENTALE DE ATINGERE

Atingerea unei carcase metalice care se află în contact cu o fază, datorită unui defect de izolație, are același efect ca și la atingerea directă a acelei faze.

1. **În rețelele cu nul.** Dacă se leagă carcasa metalică la nul, în momentul defectării izolației se produce un curent de scurtcircuit între fază și nul, care produce deconectarea circuitului în care s-a ivit defectul. Dacă nu s-ar produce deconectarea, tensiunea față de pământ U_p a carcasei metalice (fig. 14-1) ar avea valoarea dată de relația

$$U_p = U_f \frac{r_0}{r_0 + r_f},$$

în care: U_f este tensiunea pe fază (de ex. 220 V);

r_0 — rezistența conductorului de nul pînă la sursă (transformator sau generator de joasă tensiune);

r_f — rezistența conductorului de fază pînă la sursă.

Tensiunea de atingere U_a este tensiunea la care este supus un om care atinge carcasa cu defect de izolație și trece un curent de avarie prin corpul său:

$$U_a = U_p \frac{R_c}{R_c + r_c},$$

în care: R_c este rezistența corpului omului;

r_c — rezistența încălțămintei și pardoselii, luate împreună.

Cînd r_c este neglijabil (încălțămintă și pardoseală bune conductoare de electricitate), $U_a = U_p$.

Cum rezistența r_0 este în general mai mare decît r_f , rezultă că în cazul rețelei de 380/220 V, $U_a = U_p \geq 110$ V, adică o tensiune periculoasă.

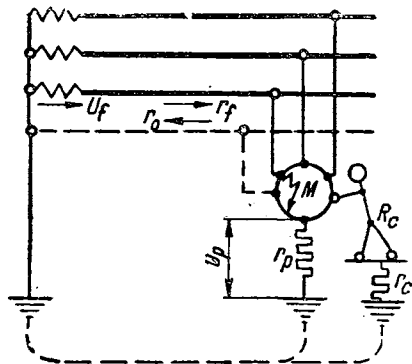


Fig. 14-1. Circuitul de avarie în cazul unei rețele cu patru conductoare.

Dacă carcasa metalică este legată și la pământ printr-o rezistență r_p , tensiunea față de pământ se micșorează aproape în raportul $\frac{r_p}{r_p + r_{p0}}$, deoarece r_p este în serie cu r_{p0} (rezistența de trecere a prizei de pământ de exploatare, prin care se leagă punctul neutru la pământ) și această serie este în paralel cu r_0 .

2. În cazul rețelei cu neutrul izolat (fig. 14-2). Curentul de avarie se închide prin rezistențele de izolație și capacitățile față de pământ ale rețelei. Când carcasa metalică nu este legată la pământ, corpul omului care atinge carcasa cu defect de izolație este supus unei tensiuni față de pământ egală cu tensiunea fazei.

Când carcasa metalică este legată la pământ printr-o rezistență r_p (de ex. de 4Ω), tensiunea la care este supus omul este mult mai

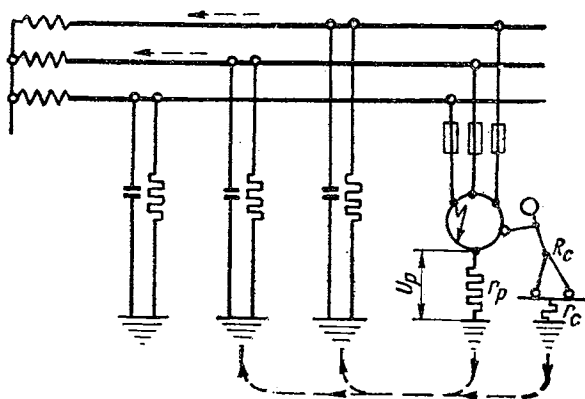


Fig. 14-2. Circuitul de avarie la o rețea cu trei conductoare.

mică, scăzând la o valoare nepericuloasă aproximativ în raportul $\frac{r_p}{R_e + r_p}$, în care R_e este o rezistență echivalentă rezistențelor de izolație ale rețelei. Când izolația rețelei scade, tensiunea de atingere crește și atinge valori periculoase, fără a se produce totuși deconectarea circuitului defect, decât în cazul receptoarelor de putere foarte mică.

Pentru a detecta eventuale scăderi de izolație la rețelele cu neutrul izolat, acestea trebuie să aibă instalații pentru controlul izolației, cu aparate de alarmare în caz de micșorare a valorii izolației sub anumite limite.

*

* *

Ca urmare a celor arătate, rezultă că în rețelele cu patru conductoare protecția se va face prin legare la nul (cu excepțiile arătate mai înainte); legarea la pământ suplimentară a nulului sau a carcaselor metalice reprezintă o măsură de protecție ajutătoare la aceste rețele.

În rețelele cu nul nu se admite ca unele carcase să fie legate numai la pământ și altele la nul, întrucât un defect de izolație la cele legate la pământ nu produce deconectarea circuitului defect, iar curentul de avarie I_p , care se închide prin pământ și prin rezistența de exploatare r_{p0} produce o ridicare a tensiunii nulului față de pământ la o valoare periculoasă care se transmite tuturor carcaselor legate la nul.

C. INSTALAȚIA DE LEGARE LA PĂMÎNT

Protecția prin legare la pământ se aplică în cazul instalațiilor cu punctul neutru izolat. De asemenea, legarea la pământ se folosește în multe cazuri și în instalațiile cu neutrul legat la pământ ca măsură ajutătoare sau de înlocuire pentru protecția prin legare la nul, în condițiile arătate mai departe.

Astfel, la indicarea întreprinderii regionale de electricitate, protecția prin legare la pământ se va aplica și în rețelele cu nul, în locul protecției prin legare la nul, în cazul când nu sînt îndeplinite în rețea condițiile pentru protecția prin legare la nul.

1. Compunerea instalației de legare la pământ. Legarea la pământ trebuie să se facă la o *priză de pământ*, rezistența totală de trecere la pământ fiind de cel mult 4Ω .

Prizele de pământ pot fi de trei feluri, și anume:

— naturale, alcătuite din părți metalice introduse în pământ pentru alte scopuri decît legătura electrică cu pământul (stâlpi metalici sau de beton armat, țevile metalice pentru alimentarea cu apă

neacoperite cu strat izolant, mantalele metalice ale cablurilor electrice subterane etc.); nu se folosesc drept prize naturale țevile cu fluide calde sau combustibile;

— artificiale, instalate special pentru scopuri de protecție, cu electrozi din țevi sau profile de oțel și benzi de oțel etc. introduse special în pământ spre a servi pentru protecție (v. și cap. XIII);

— mixte, compuse din prize naturale, completate și legate cu prize artificiale.

Legătura între carcasele metalice care trebuie să fie protejate și priza de pământ se face prin *conductoare de ramificație* de la carcase la o *centură interioară* (conductor principal de legare la pământ), instalată pe pereții clădirii, iar de la aceasta prin conductoare și piese de legătură la priza de pământ. Această priză de pământ este formată dintr-o serie de electrozi îngropați în pământ, legați între ei printr-o *centură exterioară* (conductor de legătură între electrozi) îngropată. Cele două centuri, interioară și exterioară, se recomandă a fi în bucle închise.

Legătura între centuri se face cel puțin în două puncte. Nu se admite legarea în serie a două sau mai multe carcase.

Instalația de legare la pământ se execută din oțel sau din cupru (aceasta se va folosi numai în cazul instalațiilor de înaltă frecvență).

2. Secțiunile minime pentru centuri și conductoarele de legătură și de ramificație.

a. *Pentru centura exterioară îngropată la cel puțin 0,6 m și legăturile între aceasta și centura interioară* se pot folosi următoarele materiale:

— conductor rotund de oțel sau bandă de oțel de cel puțin 100 mm² secțiune și cel puțin 4 mm grosime (se recomandă bandă de oțel zincat de 40×4 mm);

— conductor de cupru unifilar de 25 mm² sau multifilar de 35 mm²;

b. *Pentru centura interioară instalată aparent sau în canale* se poate folosi:

— sîrmă sau bandă de oțel cu secțiunea de cel puțin 100 mm² și cel puțin 3 mm grosime (se recomandă bandă de oțel cu secțiunea de 30×4 mm);

— cupru unifilar sau multifilar de 25 mm².

Cînd centura interioară nu poate fi instalată aparent sau în canale va fi formată dintr-un conductor izolat de cupru introdus în

același tub de protecție cu conductoarele fazelor. Secțiunea aceluși conductor va fi de cel puțin 4 mm^2 și de cel mult 16 mm^2 . Secțiunea se va lua egală cel puțin cu a fazelor de cupru până la 16 mm^2 și cu o secțiune imediat inferioară în cazul conductoarelor de fază de aluminiu până la 25 mm^2 .

c. *Pentru conductoarele de ramificație* (de la utilaje la centura interioară) în montaj aparent (sau în canale):

— sîrmă sau bandă de oțel cu secțiunea de cel puțin 50 mm^2 și cu grosimea de cel puțin 3 mm ; se recomandă bandă de oțel de $3 \times 20 \text{ mm}$;

— cupru unifilar sau multifilar de 16 mm^2 secțiune.

În cazul cînd conductorul de ramificație nu poate fi instalat aparent, va însoți conductoarele de energie conform indicațiilor date pentru centura interioară.

Piesa de legătură (de separație) între priza de pămînt și centura interioară se recomandă să fie instalată într-o nișă specială cu ușă și cheie. Ieșirile din pămînt și trecerile prin ziduri trebuie să fie protejate prin țevă de oțel. Legăturile între elementele instalației se fac de preferință prin sudură. Legătura la carcase se face printr-un șurub special asigurat contra deșurubării sau prin sudură.

3. Electrozii prizei de pămînt. Aceștia vor fi formați din țevi, profile, benzi sau conductoare, după modelul de instalare și importanța instalației.

a. *Pentru electrozii verticali* se pot folosi:

— țevi de oțel zincat, cu lungimea de $2\text{—}3 \text{ m}$ și cu diametrul de $1,5\text{—}2''$, bătute vertical în pămînt cu rezistența specifică pînă la $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ (în pămînt arabil, pămînt argilos, pămînt cu turbă) sau introduse în găuri verticale forate în terenuri mîi rezistente și umplute cu pămînt udat;

— din profile de oțel (corniere profil T sau U), cu dimensiuni de $4\text{—}6,5 \text{ cm}$ în secțiune și cu lungimi de $2\text{—}3 \text{ m}$;

Vîrfurile electrozilor vor fi ascuțite pentru a ușura pătrunderea în pămînt (conform STAS 4102-63);

b. *Pentru electrozii orizontali* se pot folosi:

— oțel rotund și benzi de oțel de cel puțin 3 m lungime, cu secțiunea de cel puțin 150 mm^2 și grosimea de cel puțin 4 mm^2 ; se recomandă benzi de oțel de $40 \times 4 \text{ mm}$; se pot folosi și țevi de oțel cu grosimea pereților de cel puțin 3 mm ;

— conductoare de cupru, ca la centura exterioară.

D. REZISTENȚA DE TRECERE A PRIZELOR DE PĂMÎNT

Această rezistență este formată în principal de rezistența solului la difuzarea curentului din electrod în sol și variază în funcție de rezistența specifică a solului, numărul, natura și poziția electrozilor, distanța între ei etc.

În tabela 14-1 se indică rezistențele specifice (rezistivitățile) ale principalelor categorii de soluri și ale apei, în $\Omega \cdot \text{cm}$ (rezistența unui cub cu latura de 1 cm); în tabelă sînt dați și coeficienții de corecție cu care trebuie să fie înmulțite valorile măsurate, în funcție de condițiile climatice în care s-au făcut măsurătorile.

Tabela 14-1. Rezistențele specifice, în $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$, ale principalelor soluri și ale apei.

Natura solului	Limitele valorilor în funcție de umiditate și conținutul de săuri $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$	Valori recomandate pentru calcula prealabile $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$	Coeficienți de corecție		
			α_1	α_2	α_3
Sol pietros	20—40	30	2,5	1,50	1,2
Pietriș cu nisip	3—20	12	1,5	1,3	1,2
Nisip	4—10	4	2,4	1,56	1,2
Pămînt nisipos	1,5—4	3	1,8	1,2	1,10
Loess	1—3	2,5	—	—	—
Pămînt argilos	0,4—1,5	0,8	2,0	1,5	1,4
Argile	0,2—1	0,6	2,4	1,36	1,2
Cernoziom	0,1—0,7	0,5	—	1,32	1,2
Turbă	0,1—0,7	0,2	1,4	1,1	1,0
Apa de pîrîu	0,2 — 0,5	0,5	—	—	—
Apa de iaz	0,4 — 0,5	0,5	—	—	—
Apa de mare	0,05 - 0,01	0,05	—	—	—

OBSERVAȚII.

Coeficienții de corecție sînt dați pentru adîncimi de îngropare de peste 0,8 m. În calcul se va lua valoarea rezistivității măsurate înmulțită cu unul dintre coeficienții de corecție, și anume:

- cu α_1 dacă măsurarea s-a făcut cînd solul era foarte umed;
- cu α_2 dacă măsurarea s-a făcut cînd solul avea o umezeală medie;
- cu α_3 dacă măsurarea s-a făcut cînd solul era uscat.

Pentru prize de suprafață (benzi) cu electrozi îngropați la adîncimi între 0,5 și 0,8 m, se va lua:

$\alpha_1=3$; $\alpha_2=2$; $\alpha_3=1,6$ pentru orice fel de sol.

Pentru calcularea prizelor de pământ este indicat să se măsoare rezistența solului în anotimpul secetos, când solul are cea mai mare rezistență specifică.

Rezistența de trecere la pământ, în ohmi, a electrozilor se calculează cu relațiile următoare.

a. *La electrozii verticali din țevă:*

$$r_p = 0,183 \frac{\rho}{l} \lg \left[\left(\frac{2l}{d} \right)^2 \cdot \frac{4t+l}{4t-l} \right],$$

în care: ρ este rezistivitatea solului, în $\Omega \cdot \text{cm}$;

l — lungimea electrodului, în cm;

$t = q + \frac{l}{2}$, q fiind distanța, în cm, de la partea superioară a electrodului pînă la suprafața solului;

d — diametrul electrodului, în cm.

Exemplul 14-1. În teren cu $\rho = 1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$, rezistența de trecere la pământ a unei țevi cu diametrul interior de 2" ($d = 6 \text{ cm}$) și cu lungimea de 2,5 m, îngropată vertical în pământ, cu capătul superior la 0,7 m adîncime, este de 30,8 Ω , iar la o altă țevă cu lungimea de 3 m rezistența de trecere este de 26,5 Ω .

b. *La electrozi în formă de bandă*, îngropați orizontal în pământ la adîncimea h (pentru lungimea $l \geq 5h$):

$$r_p = 0,366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{2l^2}{hb},$$

în care: h este adîncimea de îngropare, în cm;

l — lungimea benzii, în cm;

b — lățimea electrodului, în cm.

O bandă metalică cu lățimea de 2—4 cm, îngropată în pământ cu $\rho = 1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$, are pentru diferite lungimi l următoarele valori pentru rezistența de trecere r_p :

l , în m	2	5	10	20	30	40	50	100	200
r_p , în Ω	44	26	15	9	6,5	5	3,9	2,10	1,17

c. *La electrozi din oțel rotund* cu diametrul d se aplică aceeași formulă ca pentru cei în formă de bandă, în care în loc de b se ia valoarea $2d$.

d. *La electrozi din plăci metalice.* O placă metalică cu suprafața de 1 m^2 îngropată vertical în pământ, cu centrul la 1 m de suprafața pământului, are rezistența de trecere de $27,6 \Omega$ (pentru $\rho = 1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$).

e. *La o priză formată din mai mulți electrozi*, rezistența de trecere la pământ R_p a prizelor formate din n electrozi identici legați între ei este dată de relația

$$R_p = \frac{r_p}{un}$$

în care: u este coeficientul de utilizare a electrozilor ($u < 1$), a cărui valoare aproximativă poate fi luată din tabela 14-2.

Tabela 14-2. Coeficienții de utilizare ai electrozilor verticali, cu luarea în considerare a efectului benzii de legătură

Numărul electrozilor verticali	Coeficientul de utilizare u pentru raportul a/l , între intervalul dintre electrozi și lungimea acestora, egal cu :					
	3	2	1	3	2	1
	Electrozi pe un rând			Electrozi pe un contur închis		
5	0,90	0,85	0,72	0,71	0,5	0,41
10	0,79	0,70	0,59	0,55	0,39	0,33
20	0,65	0,55	0,40	0,44	0,32	0,27
30	0,57	0,45	0,30	0,40	0,30	0,23
50	0,49	0,35	0,21	0,37	0,27	0,21
70	0,46	0,33	0,19	0,35	0,35	0,19
100	—	—	—	0,33	0,24	0,19

Dacă se ține seama și de rezistența de trecere la pământ a benzilor de legătură, rezistența echivalentă R_{ech} a prizei de pământ formată din n electrozi verticali, legați între ei printr-o bandă de legătură, este dată de relația

$$R_{ech} = \frac{r_p r_b}{r_p + n r_b} \frac{1}{u},$$

în care: r_p este rezistența de trecere a unui singur electrod;
 r_b — rezistența de trecere a benzii întregi.

Numărul n de electrozi de rezistență r_p de instalat pe un contur de lungime dată l , pentru a obține o rezistență R_{ech} , este dată de relația

$$n = \frac{r_p}{uR_{ech}} - \frac{r_p}{r_b}$$

Exemplul 14-2. O priză de pământ are 12 electrozi din țevă cu diametrul de 2" și lungimea de 3 m, îngropați la intervale $a=6$ m pe un contur închis, într-un teren cu rezistența specifică $\rho=1,5 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$.

Rezistența unui electrod este

$$26,5 \times 1,5 = 38,2 \Omega$$

Rezistența de trecere a benzii lungi de $11 \times 6 = 66$ m este de circa $3,3 \times 1,5 = 4,95 \Omega$.

Coeficientul de utilizare pentru $\frac{a}{l} = 2$ se determină prin interpolare din tabela 14-2; are valoarea $u=0,38$.

Rezistența echivalentă va fi

$$R_{ech} = \frac{38,2 \times 4,95}{38,2 + 12 \times 4,95} \cdot \frac{1}{0,38} \approx 5,07 \Omega.$$

Pentru a se obține o rezistență $R_{ech}=3,5 \Omega$ trebuie mărit numărul electrozilor.

Păstrându-se aceeași rezistență de trecere pentru banda r_b și luându-se coeficientul de utilizare u puțin mai mic (pentru distanțe mai mici între electrozi), de exemplu $u=0,36$, se află n cu relația

$$n = \frac{r_p}{uR_{ech}} - \frac{r_p}{r_b} = \frac{38,2}{0,36 \times 3,5} - \frac{38,2}{4,5} \approx 22 \text{ electrozi.}$$

Mărindu-se lungimea conturului la $22 \times 6 = 132$ m, $r_b \approx 2 \Omega$ și $u \approx 0,32$, se află

$$R_{ech} = \frac{38,2 \times 2}{38,2 + 22 \times 2} \times \frac{1}{0,32} = 2,9 \Omega.$$

f. La prize naturale. În ceea ce privește rezistența de trecere, în ohmi, a prizelor naturale se dau următoarele valori orien-

tative pentru țeava de apă de 2" și mantaua metalică a unui cablu electric subteran de $3 \times 95 + 50 \text{ mm}^2$:

lungimea în m	100	200	300	500	1 000
țeavă de apă	0,4	0,38	0,36	0,33	0,28
cablu electric de $3 \times 95 + 50 \text{ mm}^2$, cu manta de plumb sau aluminiu, îngropat în pământ	1,15	1,03	0,98	0,93	0,71

g. La îmbunătățirea unei prize naturale. Dacă există o priză de pământ naturală R_n , care trebuie completată cu o priză artificială R_a , spre a se ajunge la o rezistență R_{ech} căutată, rezistența de trecere a prizei de pământ artificiale este dată de relația

$$R_a = \frac{R_{ech} \cdot R_n}{R_n - R_{ech}}.$$

Exemplul 14-3. Dacă se cere realizarea unei prize de pământ de $3,5 \Omega$ și rezistența prizei de pământ naturale este de 5Ω , trebuie să se instaleze și să se lege cu priza naturală o priză de pământ artificială avînd rezistența de trecere:

$$R_a = \frac{3,5 \times 5}{5 - 3,5} = \frac{17,5}{1,5} = 11,6 \Omega,$$

Dacă se mai ține seamă și de o eventuală influență între cele două prize, se înmulțește R_a cu un coeficient egal cu 1,1 ... 1,25.

E. PROTECȚIA PRIN LEGARE LA NUL

1. Generalități. Acest fel de protecție se aplică în mod obligatoriu în rețelele cu nul (de ex. în rețeaua de 380/220 V); excepție fac rețelele publice (de ex. de 208/120 V), la care întreprinderea de electricitate cere ca protecția să se facă prin legare la pământ, nefiind îndeplinite condițiile de protecție prin nul, care sînt arătate în continuare.

a. Secțiunea conductoarelor de fază și a nulului și alegerea aparatelor de protecție trebuie să fie astfel încît la producerea unui scurtcircuit între fază și nul, în orice punct al rețelei, să se producă un curent suficient de mare, care să asigure deconectarea în timp foarte scurt (cel mult 0,2 s) a

locului defectului. În acest scop intensitatea curentului de defect trebuie să depășească de cel puțin trei ori intensitatea nominală a siguranțelor fuzibile (se va ține seama și de curbele caracteristice de funcționare a siguranțelor) și de cel puțin 1,5 ori intensitatea curentului la care funcționează releele electromagnetice cu declanșare instantanee ale întrerupătoarelor automate.

Conductorul de nul va avea (la același material conductor cu fazele) cel puțin secțiunile din tabela 14-3. Când conductorul de nul este format din alt material decât fazele, el trebuie să aibă o conductanță echivalentă secțiunii din tabelă.

Tabela 14-3. Secțiunile, în mm², ale conductoarelor de nul de protecție în raport cu ale conductoarelor de fază — în cazul unui material de fabricație identic (După STAS 6616-62)

Secțiunea conductorului de fază mm ²	Secțiunea conductorului de nul		Secțiunea conductorului de fază mm ²	Secțiunea conductorului de nul	
	izolat la coloane în tub sau cabluri cu mai multe conductoare	neizolat la linii aeriene și în instalații interioare și exterioare		izolat la coloane în tub sau cabluri cu mai multe conductoare	neizolat la linii aeriene și în instalații interioare și exterioare
0,75	0,75	—	95	50	50
1	1	—	120	70	70
1,5	1,5	—	150	70	70
2,5	2,5	—	185	95	95
4	4	4	240	120	120
6	6	6			
10	10	10	300	150	150
16	16	16	400	185	240
25	16	25			
35	16	35			
50	25	50			
70	35	50			

În cazul cablurilor cu înveliș metalic la care conductorul de nul are secțiunea mai mică decât a celor de fază, se va folosi și cămașa metalică de plumb sau de aluminiu a cablului pentru a se completa secțiunea conductorului de nul.

În cazul racordurilor de curenți mari sau al coloanelor foarte lungi, se poate obține deconectarea prin acțiunea unui releu maximal

de intensitate acționat de curentul care trece prin nul în caz de defect și care este conectat prin transformator (reductor) de intensitate.

b. *Conductorul de nul* va fi legat la pământ atât la postul de transformare printr-o priză de legare la pământ (de exploatare) de cel mult 4Ω , cât și în rețea prin legări la pământ repetate, și anume:

— la toate tablourile de distribuție generale, principale și secundare; o instalație de legare la pământ poate fi folosită pentru mai multe tablouri de distribuție;

— la capetele liniilor aeriene și ale ramificațiilor din ele și pe traseu, cel mult din 1 000 în 1 000 m.

Rezistența de trecere a legărilor la pământ repetate va fi de cel mult 4Ω .

c. *Elementele de construcții metalice* și părțile metalice ale instalațiilor care sînt în contact bun cu pământul și fiind în apropierea rețelei de distribuție ar putea fi puse sub tensiune prin defect de izolație vor fi legate la nul.

d. *Conductorul de nul* va fi instalat cu aceeași îngrijire ca și conductoarele de fază pentru a se evita ruperea lui (în general va fi prevăzut cu semn distinctiv, de ex. cu o culoare diferită).

Pe conductorul de nul folosit pentru protecția prin legare la nul nu se vor instala siguranțe sau aparate de întrerupere care întrerup numai nulul.

2. Măsură suplimentară de protecție. Potrivit prevederilor STAS 6616-12 este necesar ca pe lângă legarea la nul să se aplice și o măsură suplimentară de protecție în următoarele cazuri:

— cînd secțiunea conductorului de nul nu asigură intensitatea curentului de avarie pentru cel puțin valoarea arătată la punctul a de mai sus și deconectarea locului defectului în mai puțin de 0,2 s;

— cînd pentru legarea la nulul de protecție se folosește unul dintre conductoarele de aluminiu ale cablurilor;

— în locurile periculoase sau foarte periculoase. Drept măsură suplimentară de protecție se va aplica, după condițiile locale, cel puțin unul dintre următoarele mijloace:

— legarea la pământ a carcaselor separat de legarea la nul (se poate folosi priza de pământ a nulului tabloului de distribuție);

— egalizarea potențialelor în zona de intervenție a omului (inclusiv pardoseala); în acest scop se execută legături prin conductoare electrice între carcasele echipamentelor electrice, piesele metalice din apropiere și grătarele metalice înglobate în pardoseală;

— izolarea amplasamentului omului în zona lui de intervenție, prin executarea de pardoseli din materiale rele conducătoare, sau prin acoperirea acestora cu materiale, covoare sau platforme izolante, astfel încât omul să nu poată atinge în același timp o carcasă a unui echipament electric sau defect de izolație și o altă carcasă sau o piesă metalică din apropiere;

— controlul tensiunii de atingere prin relee de tensiune accidentală, care să producă declanșarea în cazul când se depășește tensiunea de 12—40 V față de pământ.

Excepție la cele arătate fac sculele portative alimentate prin cabluri flexibile din cupru, care se leagă numai la nul prin conductorul de protecție din cablul de alimentare, deoarece în acest caz se aplică atât izolarea de protecție cât și o izolare suplimentară de protecție.

Prizele de curent cu tensiunea de peste 40 V vor fi cu contact de protecție în încăperi periculoase și foarte periculoase, în încăperi uscate cu pardoseală neizolantă (pământ, beton, mozaic, gresie etc.) și în încăperi cu pericol de incendiu.

3. Conductoarele de legare la nul. Conductoarele de nul folosite pentru protecție vor fi de cupru sau de oțel; se pot folosi și conductoare de aluminiu cu următoarele condiții:

— conductorul de nul de protecție să fie unul dintre conductoarele unui cablu sau al unei linii aeriene;

— în instalația respectivă să nu fie interzisă utilizarea din alte motive a aluminiului (mediu corosiv, vibrații, instalații importante etc.);

— conductoarele și legăturile electrice să fie de bună calitate;

— să se aplice și una dintre măsurile suplimentare de protecție arătate mai înainte.

4. Legarea suplimentară la pământ. Pentru legarea suplimentară la pământ se dau în continuare anumite indicații:

a. Conductoarele de legare la priza de pământ a bornelor sau a barelor de nul ale tablourilor vor avea următoarele secțiuni minime:

— oțel rotund sau funie, 50 mm²;

— bandă sau profile de oțel 50 mm² și grosimea cel puțin 3 mm la montaj aparent și 4 mm la montaj îngropat;

— sîrmă de cupru unifilară sau multifilară de 16 mm² la montaj aparent și 25 mm² la montaj îngropat.

b. *Conductoarele de ramificație* pentru legarea carcaserelor la centura interioară (la conductorul principal de legare la pământ) pot fi:

— construcțiile metalice ale clădirilor (ferme, stâlpi, stelaje metalice);

— căile de rulare ale macaralelor;

— țevile de oțel și tuburile IPE de protecție a conductoarelor, dacă au continuitate electrică și secțiunea necesară;

— învelișurile metalice ale cablurilor armate;

— conductele de apă cu continuitate electrică;

— oțel rotund cu diametrul cel puțin 5 mm la montaj aparent și 6 mm la montaj îngropat;

— bandă de oțel de 24 mm² secțiune și 3 mm grosime la montaj aparent sau de 48 mm² secțiune și 4 mm grosime la montaj îngropat;

— sîrmă rotundă de cupru de cel puțin 4 mm².

c. *Centura interioară* (conductorul principal de legare la pământ) va avea cel puțin secțiunile următoare:

— pentru oțel rotund sau bandă 100 mm² (grosimea minimă 3 mm la montaj aparent și 4 mm la montaj îngropat);

— pentru funie de oțel 95 mm²;

— pentru funie de cupru 25 mm².

F. PROTECȚIA PRIN RELEU DE TENSIUNE ACCIDENTALĂ

Această protecție se poate aplica atât în rețelele cu neutrul izolat cît și în cele cu neutrul legat la pământ.

Releul de tensiune accidentală este conectat cu bobina lui între carcasa echipamentului care trebuie protejat și o priză de pământ. Pentru carcaserile care au legătură cu pămîntul, priza de pământ trebuie să fie separată (în afara clădirii), iar legătura la priză să fie izolată pentru ca să nu se scurtcircuiteze bobina prin legături existente ale carcasei la pămînt. Priza de pământ separată poate avea o rezistență mare, de cîteva sute de ohmi. Releul de tensiune trebuie să acționeze la tensiuni mici, de exemplu la 10—20 V.

În fig. 14-3 se dă schema unei astfel de instalații realizată cu releul de tensiune 1 cu contact normal închis în serie cu butonul de întrerupere 0 și cu bobina 2 a electromagnetului contactorului auto-

mat K . La apariția tensiunii de atingere, releul întrerupe circuitul de reținere al electromagnetului și contactorul deconectează.

Aplicarea protecției prin releu de tensiune accidentală este indicat a se face, în special, în următoarele cazuri:

- pentru receptoare mobile;
- pentru receptoare care în mod obișnuit nu trebuie să aibă legătură cu pământul, de exemplu băile de galvanizare încălzite electric; în acest caz, în serie cu bobina releului se montează și un condensator de 20—30 μF , care împiedică scurgerile de curent continuu însă permite trecerea curentului alternativ prin releu la apariția unui defect de izolație;
- pentru receptoare de mare putere, la care protecția prin legare la nul necesită o secțiune mare pentru nul.

În cazul receptoarelor de mare putere, în instalațiile trifazate de distribuție de forță cu conductor de nul de protecție se poate folosi protecția prin releu de curent de avarie, releul fiind conectat la un transformator de intensitate montat pe nulul de protecție. Un contact normal închis al releului este intercalat în circuitul electromagnetului de ameliorare în cazul contactoarelor, sau în circuitul bobinei de tensiune nulă în cazul întrerupătoarelor automate.

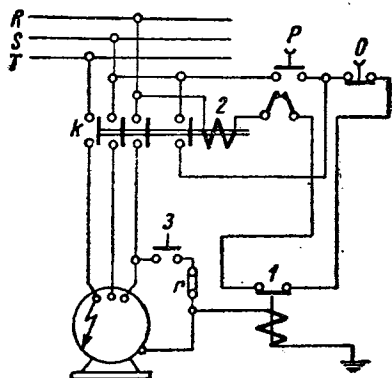


Fig. 14-3. Protecția prin releu de tensiune accidentală.

G. EGALIZAREA POTENȚIALELOR

Acest mijloc este folosit ca o măsură de protecție suplimentară și constă în legarea între ele a tuturor carcaselor construcțiilor și instalațiilor metalice care pot avea contact cu pământul și introducerea în pardoseală (în cazul pardoselilor neizolante) a unei rețele metalice cu ochiuri de 1—2 m, formate din oțel rotund cu diametrul de 6—8 mm. Rețeaua de egalizare a potențialelor se realizează ca o instalație de legare la pământ și este legată la pământ prin prizele de pământ naturale ale construcțiilor metalice și instalațiilor.

H. SEPARAREA DE PROTECȚIE

Pentru locuri foarte periculoase se aplică la unele receptoare (de ex. la mașinile-unelte de mină) separarea de protecție, care se realizează prin alimentarea receptorului respectiv printr-un transformator de separare. Circuitul secundar va fi izolat de pământ și va alimenta un singur receptor. Tensiunea maximă în secundar este de 380 V și intensitatea maximă de 15 A.

Separarea de protecție se poate realiza și prin grupuri motor-generator.

I. ALIMENTAREA CU TENSIUNE REDUSĂ

Tensiunea redusă maximă admisă este de 40 V. Pentru încăperi periculoase se poate folosi tensiunea de 24 V, iar pentru scule electrice portative trifazate, tensiunea de 42/24 V, prevăzându-se în acest caz și o izolare suplimentară de protecție.

În încăperile foarte periculoase, tensiunea redusă aplicată va fi de maximum 12 V.

Transformatoarele de tensiune redusă vor fi totodată și transformatoare de separație. Nu se va lega la nul sau la pământ înfășurarea de tensiune redusă sau carcasele echipamentelor alimentate cu tensiune redusă.

J. IZOLAREA SUPLEMENTARĂ DE PROTECȚIE

Se realizează printr-una din următoarele măsuri:

- izolarea exterioară a carcaselor echipamentului electric, a mînerelor de acționat etc.;
- izolarea amplasamentului prin acoperirea izolanță a pardoselei și a pieselor metalice apropiate, care se găsesc în legătură cu pământul (se aplică numai la instalații fixe);
- izolarea omului cu cizme sau galoși izolanți, șorț și mănuși izolante.

K. INDICAȚII DE PROTECȚIE PENTRU INSTALAȚIILE DE ILUMINAT

Nu este necesar a se lua măsuri de protecție contra tensiunilor accidentale de atingere la instalațiile de iluminat în următoarele cazuri:

- pentru corpurile de iluminat fixe în încăperile nepericuloase;

— pentru corpurile de iluminat fixe montate la înălțimi mai mare decât 2,5 m și în afara zonelor de manipulare a omului în încăperile periculoase.

Pentru toate celelalte cazuri se vor aplica măsurile de protecție arătate în continuare.

1. În încăperile periculoase. Pentru încăperile de iluminat fixe montate la înălțimi sub 2,5 m de la pardoseală se va aplica una dintre următoarele măsuri de protecție:

- legarea la nul sau la pământ, în conformitate cu felul rețelei (cu nul sau fără nul);
- folosirea de tensiuni reduse (pînă la 24 V);
- separarea de protecție.

2. În încăperile foarte periculoase.

a. Pentru corpurile de iluminat fixe montate la înălțimi de peste 2,5 m de la pământ sau în afara zonelor de manipulare a omului se va aplica una dintre următoarele măsuri:

- legarea la nul sau la pământ;
- folosirea de tensiuni reduse (cel mult 24 V);
- separarea de protecție.

b. Pentru corpurile de iluminat fixe montate la înălțimi sub 2,5 m de la pardoseală sau în zonele de manipulare a omului, se va folosi o tensiune redusă de cel mult 24 V și totodată se va aplica și izolarea de protecție. Pentru lămpile fluorescente se admite să se aplice numai legarea la nul sau la pământ.

c. Pentru corpurile de iluminat portative se vor aplica următoarele măsuri:

- în încăperi nepericuloase, izolarea suplimentară de protecție;
- în încăperi periculoase, alimentarea la tensiune redusă de cel mult de 24 V sau separarea de protecție; totodată se va aplica și izolarea suplimentară de protecție;
- în încăperi foarte periculoase, alimentarea la tensiune redusă de cel mult 12 V și totodată izolarea suplimentară de protecție.

Legarea la nul a corpurilor de iluminat se va face astfel:

- fie direct la nul printr-un conductor de nul de protecție (pe lângă nulul de lucru) și care însoțește conductoarele de lucru;
- fie indirect prin instalația de legare la pământ de protecție, care deservește instalația de nul de protecție.

Folosirea conductorului de nul de lucru drept nul de protecție se poate face numai pînă la ultimul tablou de distribuție (în sensul curgerii energiei), ale cărui borne sau bornă de nul sînt legate la pămînt.

XV. EXECUTAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

A. GENERALITĂȚI

La executarea instalațiilor electrice trebuie să se folosească numai materiale și aparate omologate. Alegerea materialelor se face ținîndu-se seama de destinația instalației, de categoria încăperilor și caracteristicile procesului tehnologic și de regimul de funcționare al instalațiilor (continuu, intermitent etc.).

În vederea identificării ușoare a conductoarelor este necesar să se folosească conducte cu izolația colorată diferit, și anume:

- pentru conductoarele de fază, culoarea neagră, albastră sau verde;

- pentru conductorul de nul de lucru, culoarea albă sau cenușie deschisă;

- pentru conductorul de protecție, culoarea roșie.

În funcție de componența circuitelor se recomandă utilizarea următoarelor combinații de conducte cu izolație colorată:

- pentru circuitul monofazat, alb+negru (albastru);

- pentru circuitul monofazat cu conductor de protecție, alb+negru (albastru)+roșu;

- pentru circuitul trifazat cu conductor de nul de lucru, alb+negru+albastru+verde;

- pentru circuitul trifazat cu conductor de nul de lucru și cu conductor de protecție, alb+negru+albastru+verde+roșu.

În cazul instalațiilor cu bare se impune folosirea următoarelor culori pentru vopsirea barelor (STAS 4936-55):

- pentru faza R, culoarea roșie;

- pentru faza S, culoarea galbenă;

— pentru faza *T*, culoarea albastră;
 — pentru bara de nul de lucru, dungi violete pe fond alb, cenușiu sau negru;

— pentru bara de protecție, culoarea albă, cenușie sau neagră.

De regulă, circuitele electrice se montează deasupra conductelor de apă și dedesubtul conductelor de gaze combustibile mai ușoare decât aerul.

Distanțele minime admise pentru diferitele tipuri de conductoare electrice între ele sau față de conductele de instalații tehnico-sanitare și față de elementele construcțiilor sînt indicate în tabela 15-1.

Tabela 15-1. Distanțele minime admisibile între conductoare electrice și între acestea și cele tehnico-sanitare sau față de elementele de construcție

Circuitul de la care se măsoară distanța	Distanța minimă admisibilă, în cm, față de :						Elemente de construc- ție
	conducte tehnico-sanitare reci cu $t < 40^{\circ}\text{C}$		conducte tehnico-sanitare calde cu $t > 40^{\circ}\text{C}$		alte circuite electrice s.a.u între ele		
	Trasee paralele	Inter- secții	Trasee paralele	Inter- secții	Trasee paralele	Inter- secții	
Conducte neizolate pe izolatoare rolă	10	10	10	10	10	10	10
Conducte izolate pe izolatoare rolă	5	5	200	150	5	5	5
Bare electrice neizolate	5	5	5	5	5	5	5
Tuburi cu conducte izolate	5	3.	150	100	0	0	0
Conducte cu izolație și manta	5	3	150	100	1	1	0
Cabluri nearmate pe ziduri, canale sau tunele	5	3	150	100	5	3	0
Cabluri armate pe ziduri, canale sau tunele	5	3	150	100	5	3	0
Cabluri armate în pământ	20	20	100	100	10	10	0

B. EXECUTAREA INSTALAȚIILOR CU CONDUCTOARE, BARE SAU CABLURI

1. **Executarea instalațiilor interioare aeriene.** Aceste instalații se execută numai pe trasee orizontale și verticale cu unghiuri drepte; ramificațiile se execută numai în dreptul izolatoarelor sau rolelor de fixare.

Distanțele între punctele de sprijin în lungul circuitelor aeriene interioare montate pe izolatoare-rolă sint indicate în tabela 15-2.

Tabela 15-2. Distanțele între punctele de sprijin în lungul circuitelor aeriene interioare montate pe izolatoare rolă

Tipul conductelor	Distanța între role, în m, pentru secțiunea conductoarelor, în mm ² , de			
	1—2,5	4—25	35—70	95—120
Neizolate	0,4	0,6	0,8	1,1
Izolate	0,5	0,8	1,1	1,5

a. *Instalații aeriene cu conductoare neizolate.* Conductoarele se pot monta fără măsuri speciale de protecție la înălțimi de peste 3,5 m, numai în încăperi de categoria CE sau în instalații cu tensiuni nepericuloase. Nu se admit astfel de instalații în construcțiile de materiale combustibile.

În mod excepțional, cu prevederea unor măsuri speciale de protecție (îngrădiri, interzicerea accesului persoanelor necalificate etc.), conductoarele neizolate se pot monta și sub înălțimea de 3,5 m, și anume:

— în încăperi de categoria V, în care izolația conductoarelor ar putea fi deteriorată prin acțiunea mediului corosiv (în instalații de galvanizare, de electroliză, de acumulate etc.);

— în construcția liniilor de contact ale utilajelor de ridicat sau de transportat.

Pentru trecerea prin pereți a instalațiilor cu conductoare neizolate se prevăd goluri cu dimensiuni care să asigure distanțele izolatoare de trecere, respectiv plăci izolante încastrate în zidărie, prevăzute cu tije filetate de trecere (fig. 15-1).

b. *Instalații aeriene cu conductoare izolate.* Conductoarele se pot monta fără protecție mecanică numai la înălțimi de peste 2,5 m: sub această înălțime se introduc în tuburi protectoare (coborârile spre întrerupătoare, prize etc.).

Pentru traversarea pereților, conductoarele izolate se introduc în tuburi protectoare (se pot folosi și izolatoare de trecere sau plăci izolante cu tije filetate; dacă traversarea trebuie să fie etanșă, se prevede etanșarea corespunzătoare la încadrarea izolatorului, respectiv a plăcii izolante).

Capetele tuburilor protectoare se prevăd cu tile sau pipe de porțelan.

La întâlnirea conductelor de instalații tehnico-sanitare sau tehnologice, conductoarele aeriene izolate montate pe ziduri se introduc în tuburi protectoare, montate îngropat dacă este posibil, pe sub traseul instalațiilor tehnico-sanitare.

2. Executarea instalațiilor cu bare. Barele se pot monta în următoarele trei moduri diferite:

— în execuție deschisă (fig. 15-2), de regulă numai la înălțimi de peste 3,5 m; în încăperi de categoria CE sau în instalații cu tensiuni nepericuloase se pot monta și sub această înălțime;

— în execuție acoperită, în canale sub pardoseli, sau pe pereți, în șlițuri acoperite, fără condiții de înălțime;

— în execuție protejată sau capsulată; în cutii sau jgheaburi cu grad de protecție corespunzător, confecționate din tablă de oțel, din fontă sau materiale plastice, barele se pot monta fără condiții de înălțime.

Ramificațiile de la barele principale la motoare, prize etc. se execută de regulă cu conducte izolate protejate, cu cabluri, eventual cu bare neizolate (în acest caz barele vor fi prevăzute cu acoperiri de protecție contra atingerilor).

În fig. 15-3 se arată câteva moduri de angajare în cutii a barelor simple. Aceste aranjamente au avantajul că reduc reactanța induc-

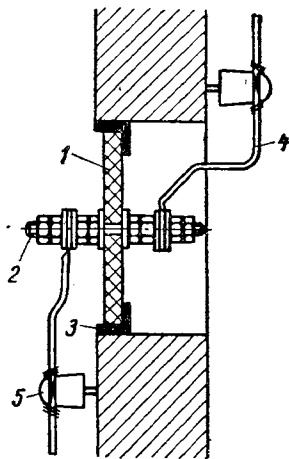


Fig. 15-1. Traversarea peretelui cu tijă filetată (execuție neetanșă):

1 — placă izolantă; 2 — tijă filetată; 3 — ramă de oțel; 4 — conductor electric neizolat; 5 — izolator de porțelan.

tivă, prin limitarea inducției proprii a barelor; după cum se observă din figură, conductorul de nul de protecție poate fi montat și în afara cutiilor de-a lungul distribuției. În cazul barelor cu secțiune

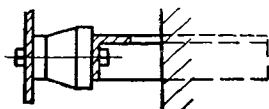
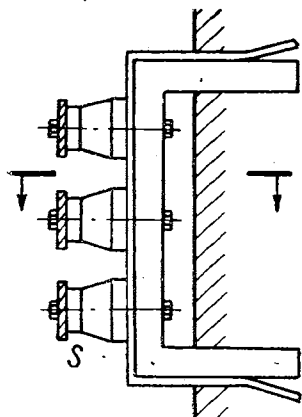


Fig. 15-2. Bare de distribuție în execuție deschisă.

compusă, în vederea micșorării reactanței inductive, este indicat să se monteze barele în trei grupuri, formate fiecare din barele simple ale fazelor R, S, T. În fig. 15-4 sînt indicate cîteva soluții de dispunere a barelor cu secțiuni compuse în execuție protejată.

Intrucît la secțiunile compuse cu bare aparținînd unor faze diferite, acestea se montează în cadrul aceleiași secțiuni la distanțe mici (de regulă la 7—8 mm), se prevede izolarea acestora cu benzi sau teci izolante de micanită, pertinax, textolit sau prespan.

Barele se fixează cu izolatoare de porțelan, separate pentru fiecare fază, sau comune (izolatoare în trepte). Se utilizează în mai mică măsură izolatoare-pieptene din lemn impregnat cu ulei, care au o serie de dezavantaje în exploatare (carbonizări, spargeri etc.).

Ansamblurile pentru distribuții în bare, în execuție protejată (capsulată), se

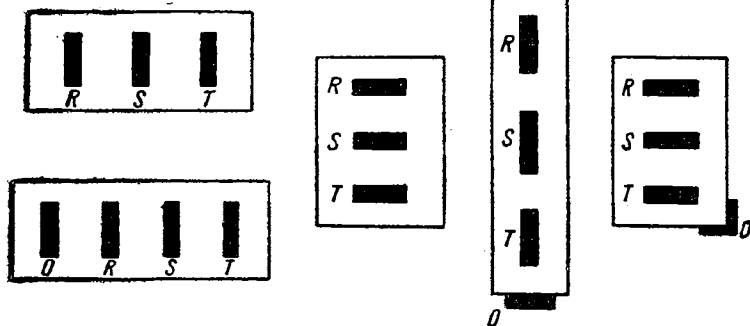


Fig. 15-3. Soluții de așezare a barelor simple, în execuție protejată.

montează pe suporturi transversale din oțel profilat (console, rame etc.), rigidizarea longitudinală a ansamblului asigurându-se prin construcția și îmbinările tronsoanelor.

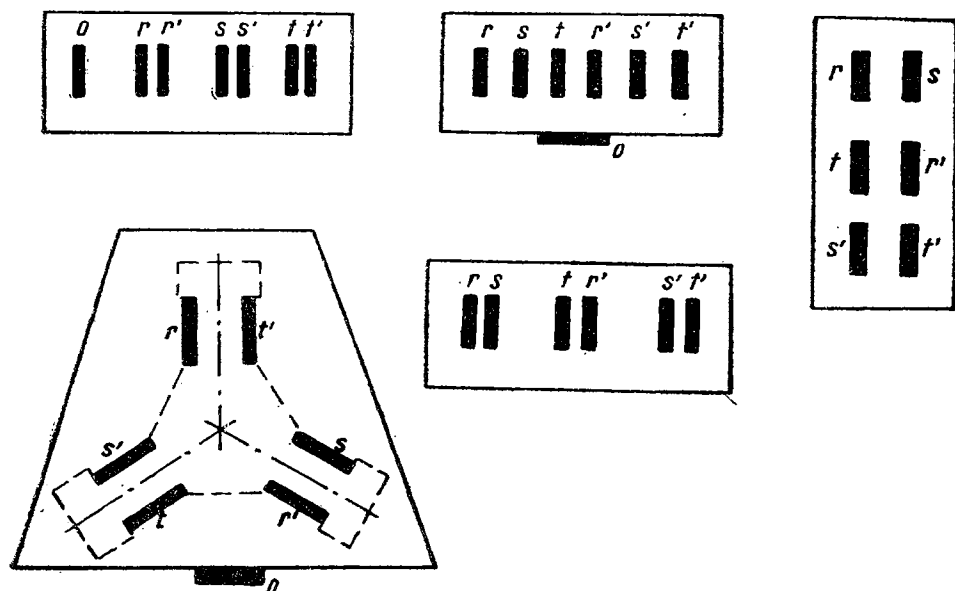


Fig. 15-4. Soluții de așezare a barelor cu secțiune compusă, în execuție protejată.

În fig. 15-5 este prezentată o variantă de montaj a distribuției cu bare protejate, într-un atelier mecanic.

La barele cu lungimi de peste 20 m trebuie să se prevadă legături flexibile de compensare (fig. 15-6), în vederea preluării alungirilor produse prin dilatarea barelor; astfel de legături trebuie prevăzute pentru fiecare 20—30 mm de alungire a barelor.

3. Executarea instalațiilor cu conducte izolate montate în tuburi și canale (confectionate din tablă, materiale plastice etc.).

a. *Montarea tuburilor de protecție.* Distanțele minime între tuburile electrice de protecție sau față de alte instalații sînt indicate în tabela 15-1.

Trasee. La alegerea traseelor circuitelor cu tuburi protectoare trebuie să se evite suprafețele și zonele calde ale încăperilor (coșu-

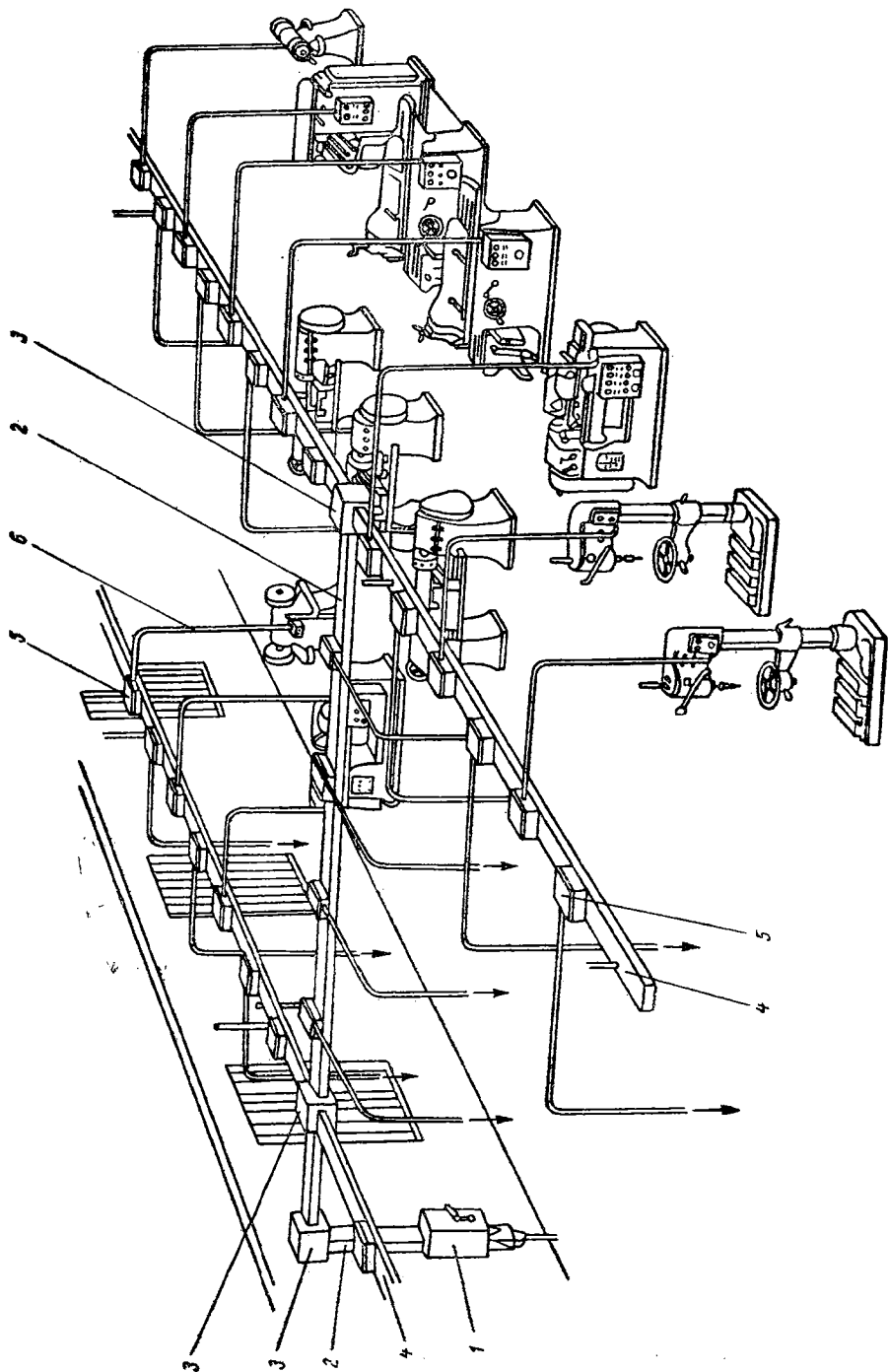


Fig. 15-5. Exemplu de distribuție cu bare protejate, într-un atelier mecanic (după proiect I.P.C.M.):
 1 — întrerupător cu pârghie în cutie capsulată; 2 — magistrală (cu bare de aluminiu); 3 — cutie universală; 4 — distribuție secundară (cu bare de oțel);
 5 — cutii (cu siguranțe); 6 — coloană pentru alimentarea receptorului cu conductoare active de aluminiu protejate în tub P sau IPE.

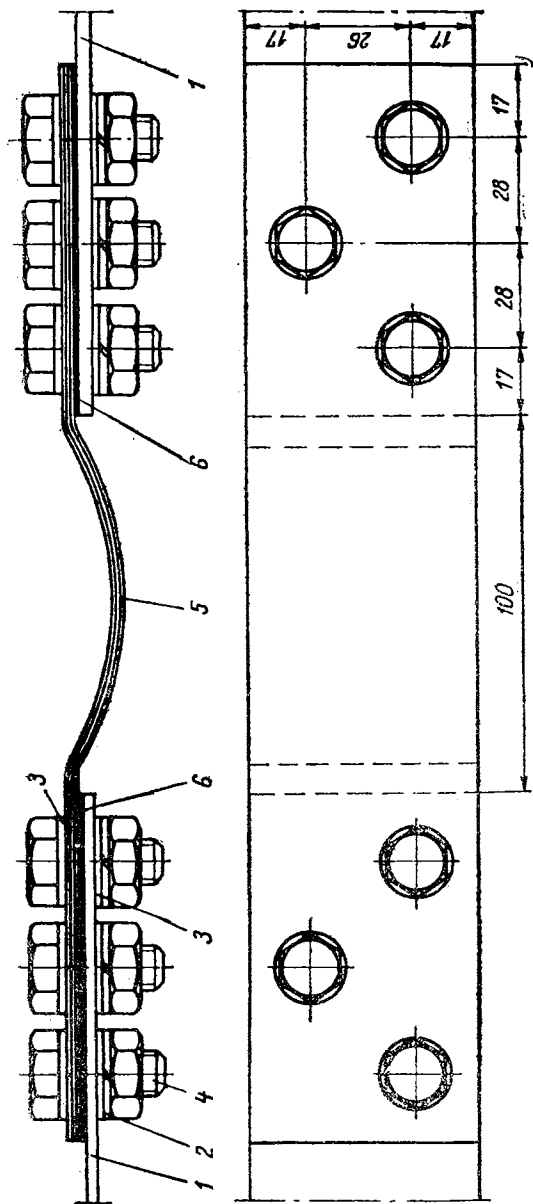


Fig. 15-6. Legătură flexibilă de compensare pentru bare:

1 — bară de aluminiu; 2 — rondelă de siguranță; 3 — rondelă plată; 4 — șurub mecanic cu piuliță; 5 — benzi flexibile din cupru; 6 — lamă din cupal.

rile de fum, panourile radiante ale instalației de încălzire, sobele, cazanele de încălzire, cuptoarele etc.).

În mod excepțional tuburile metalice pot fi pozate în astfel de locuri calde cu condiția să se utilizeze conducte cu izolația rezistentă la temperaturi înalte (FffBC, FffSi etc.).

Este interzis ca tuburile electrice să străpungă coșurile și canalele de fum sau canalele de ventilare.

În general tuburile protectoare se montează pe trasee orizontale sau verticale, care urmăresc liniile arhitectonice ale construcției. Se recomandă ca traseele orizontale să fie amplasate la o distanță de 20—30 cm de plafon sau de pardoseală. Pentru traseele verticale se recomandă distanța de 10—15 cm de tocurele ușilor sau ale feres-trelor. În instalațiile îngropate sub pardoseli se admit și trasee directe, în vederea scurtării lor.

Fixarea tuburilor. La montarea aparentă a tuburilor protectoare se folosesc scoabe metalice sau din bachelită sau console metalice. La montarea îngropată, fixarea tuburilor se face cu cuie și ochiuri din sîrmă, sau cu copci de ipsos.

Distanțele între punctele de fixare a tuburilor sînt indicate în tabela 15-3.

Tabela 15-3. Distanțele între punctele de sprijin în lungul circuitelor cu tuburi de protecție

Tubul	Distanța între elementele de fixare, în m		
	La montarea aparentă		La montarea îngropată
	Pe orizontală	Pe verticală	
IP	0,6—0,8	0,7—0,9	1,0—1,4
P	0,7—1,0	0,8—1,1	—
IPE, PEL	1,0—1	1,2—1,6	1,4—2,0
T	1,5—3,0	1,5—3,0	2,0—4,0
IP-PVC	0,5—0,7	0,6—0,8	0,8—1,0
IPE-PVC	0,6—0,8	0,7—0,9	0,9—1,1

În cazul construcțiilor cu elemente din beton armat (stâlpi, grinzi, chesoane, panouri mari, diafragme etc.) trebuie să se prevadă de la turnarea acestora găurile de trecere și slițurile pentru montarea tuburilor electrice, găurile pentru doze, pentru dibluri de apara-te etc. Este interzis să se practice străpungeri sau șanțuri prin dăltuirea elementelor din beton armat.

În cazurile în care circuitele trec prin încăperi cu medii agresive deosebite (umiditate, praf, agenți corosivi) este necesar să se etanșeze locul de trecere a tuburilor prin perete cu masă bituminoasă; etanșarea se aplică pe ambele părți ale peretelui sau cel puțin pe partea dinspre încăperea cu mediul cel mai agresiv.

La trecerea circuitelor prin rosturile de dilatare ale construcțiilor, tubulatura se întrerupe pe o distanță de 5 cm, racordarea făcându-se printr-o mufă de circa 20 mm lungime care, permite preluarea diferențelor de lungime datorită dilatării tuburilor și respectiv a construcției (fig. 15-7).

Îndoirea tuburilor. La îndoirea tuburilor trebuie să se realizeze următoarele raze minime de curbură:

— de cinci ori diametrul exterior al tubului în cazul montajului aparent;

— de 10 ori diametrul exterior, în cazul montajului îngropat.

Dozele și cutiile de derivație se montează de regulă pe suprafețele verticale ale construcției (pereți, grinzi, stâlpi etc.). Se interzice montarea dozelor dedesubtul conductelor de apă, abur, gaze etc.

Pe traseele în linie dreaptă, dozele de trecere se prevăd la fiecare 6 m în cazul circuitelor cu conducte din aluminiu și respectiv la fiecare 10 m în cazul celor din cupru. Trebuie să se prevadă doze de trecere după cel mult două curbe după două coturi în cazul conductelor din aluminiu și respectiv după cel mult trei curbe sau două coturi, în cazul conductelor din cupru.

La instalațiile montate prin podurile clădirilor, dozele se vor monta de preferință în încăperile de la ultimul etaj, imediat sub plafon. Se admite montarea dozelor și în poduri dar numai pe elementele incombustibile ale clădirii (zidării, stâlpi și grinzi din beton armat, sau metalice).

La instalațiile de iluminat mai pretențioase, dozele pot fi montate și pe plafonul încăperilor, cu condiția să rămână mascate sub corpurile de iluminat, sau sub dispozitivele de susținere ale acestora (fig. 15-8).

Corpurile de iluminat, care sînt prevăzute cu cleme sau borne de derivație, pot fi utilizate drept cutii de derivație sau de trecere (fig. 15-9).

Protejarea tuburilor. În cazul montajului aparent, tuburile metalice și accesoriile acestora se protejează contra coroziunii prin acoperiri protectoare (vopsea de ulei, lacuri anticorozive etc.); se exceptează tuburile și accesoriile IP, acestea fiind protejate contra coroziunii.

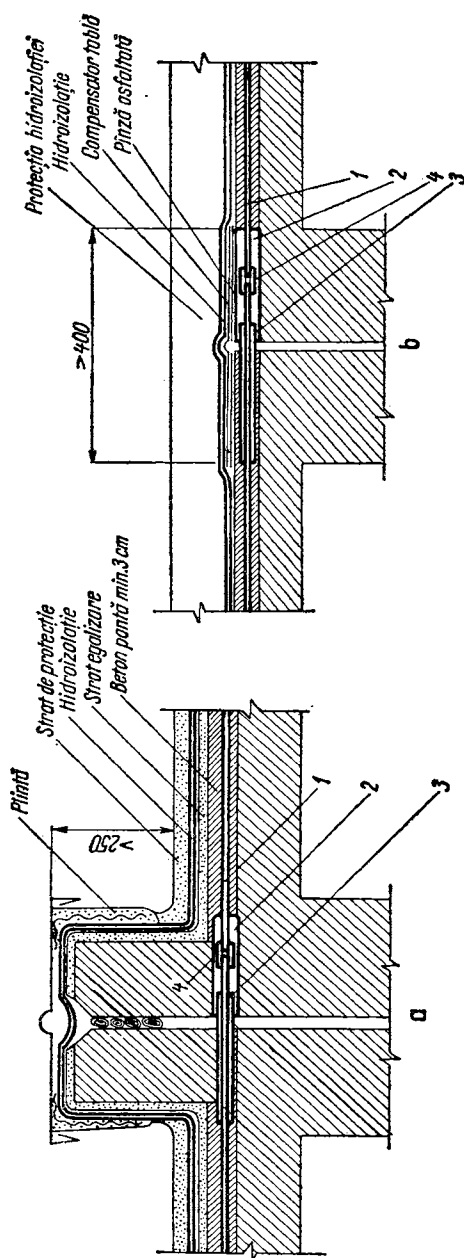


Fig. 15-7. Trecerea tuburilor protectoare prin rosturi de dilatare:

a -- cu parapet; b -- în cîmp; 1 -- tub IPE 16; 2 -- manșon din țevă galvanizată de $2\frac{1}{4}'' \times 250$ mm; 3 -- manșon din țevă galvanizată de $1\frac{1}{4}'' \times 300$ mm; 4 -- mufă IPE 16.

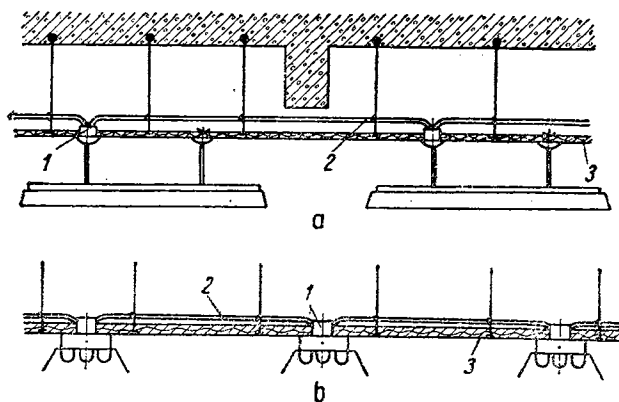


Fig. 15-8. Doze plasate în plafon, mascate:
a — sub baldachinul corpului de iluminat; *b* — sub corpul de iluminat;
 1 — doză de derivații; 2 — tub protector fixat de cîrligele
 rabiului; 3 — rabiț.

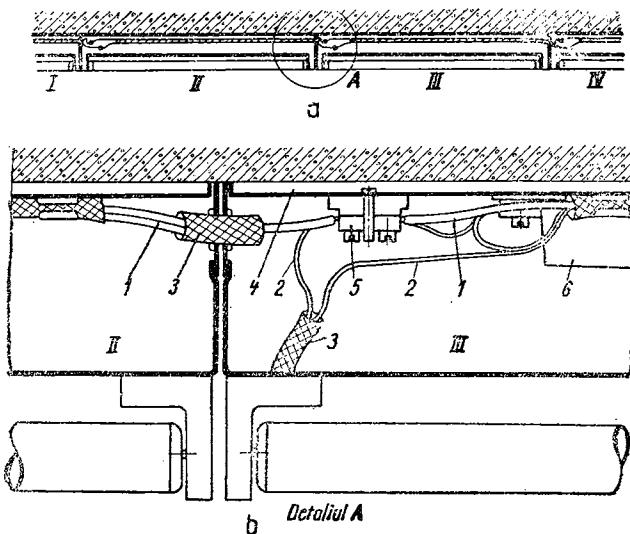


Fig. 15-9. Derivație și trecerea circuitului prin corpuri
 de iluminat:

a — ansamblu; *b* — detaliu; I — circuit de alimentare; 2 — conexiuni;
 3 — tub protector; 4 — partea fixă a corpului de iluminat; 5 — clemă
 de derivație și conexiuni; 6 — balast.

b. Montarea conductelor electrice. De regulă conductoarele aceluiași circuit sau coloană (inclusiv conductorul de nul de lucru și eventual conductorul de protecție) se montează în același tub.

În cazul circuitelor de curent continuu, conductoarele + și — pot fi montate în tuburi separate.

Ca regulă generală, într-un tub se montează numai conductoarele unui singur circuit. În următoarele cazuri se admite montarea în același tub a mai multor circuite:

— pentru alimentarea mai multor motoare ale unui același utilaj;

— în cazul circuitelor mononul;

— în cazul unui corp iluminat alimentat prin mai multe circuite;

— circuite de iluminat, în cazul unor trasee magistrale;

— circuitele de semnalizare, comandă, automatizare sau control care deserveșc un proces tehnologic funcțional unic;

— circuitele cu destinații diferite ale aceluiași utilaj (alimentare, comandă etc.);

— circuitele de lumină și de prize din locuințe, cu condiția utilizării conductelor cu izolația colorată diferit.

Este interzis să se monteze împreună în același tub (canal):

— circuite cu tensiuni sub 40 V, cu circuite cu tensiunea de peste 40 V;

— circuite cu tensiuni sub 1 000 V, cu circuite cu tensiunea de peste 1 000 V;

— circuite cu frecvențe diferite.

Prin dozele de tragere sau de ramificație ale unui traseu pot să treacă direct — fără legături sau derivații — circuite cu destinație diferită, cu condiția să aibă aceeași tensiune.

Introducerea conductelor în tuburi se face numai după ce acestea și tencuielile pereților s-au uscat.

Conductele din cupru se trag în tuburi cu ajutorul unor șirme de oțel; cele din aluminiu se introduc prin împingere. Nu se recomandă executarea lucrărilor cu conducte din aluminiu la temperaturi sub —5°C.

4. Executarea instalațiilor cu conducte cu manta. În general traseele instalațiilor cu conducte cu manta (AFYY și AFYYS) se aleg conform celor arătate pentru instalațiile cu tuburi protectoare.

Fixarea pe pereți a acestor conducte se face prin copci din ipsos sau din ciment (în încăperi de categoria U1), sau cu bandă specială de lipit. La montarea aparentă se folosesc în prezent brățări din

masă plastică. Conductele prevăzute cu punte se pot fixa prin cuie, cu floarea mică, bătute în axul punții. Distanța dintre punctele de fixare nu trebuie să depășească 30 cm.

Conductele se așază într-un singur strat, la distanțe de cel puțin 1 cm între ele. În cazul montajului îngropat, stratul de mortar care le acoperă trebuie să aibă o grosime de cel puțin 1 cm.

La traversarea prin pereți sau planșee conductele se protejează cu ștuțuri din tuburi metalice sau din PVC, după cum elementele construcției sînt combustibile sau nu.

Raza de curbură a acestor conducte trebuie să fie de cel puțin patru ori lățimea conductei. Pentru a realiza curbarea corespunzătoare a conductei, puntea sau mijlocul mantalei se despică în lung.

Traseele cu conducte AFYY montate pe pardoseli trebuie să urmeze conturul încăperilor spre a putea fi accesibile în exploatare, montarea acestora făcîndu-se conform detaliului indicat în fig. 15-10.

Pentru conductele AFYYs se pot alege trasee cu traversări directe, fără ocoliri, conductele așezîndu-se în straturile pardoselii, fără protecție suplimentară; pentru aceasta trebuie să se programeze montarea conductelor în același timp cu execuția pardoselilor.

La instalațiile cu conducte cu izolație și manta, lungimea capetelor lăsate în dozele de derivație și de aparat trebuie să fie de circa 7 cm, iar la locurile de lampă de circa 15 cm; pe aceste lungimi se îndepărtează mantaua, păstrîndu-se numai izolația.

La executarea instalațiilor cu astfel de conducte trebuie să se facă o verificare prealabilă a continuității conductelor în colaci, precum și a elementelor sau ansamblurilor de instalații în cazurile cînd se montează instalații prefabricate.

5. Executarea instalațiilor cu cabluri. La executarea acestor instalații trebuie să se țină seama că temperatura minimă pentru manipularea cablurilor cu manta și izolație din PVC și a celor cu

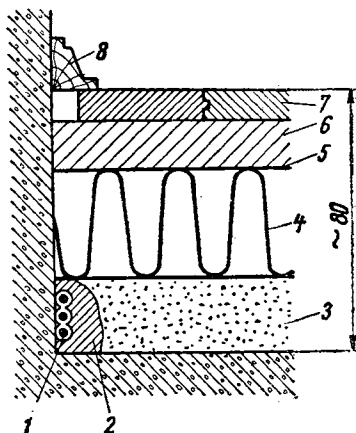


Fig. 15-10. Pozarea conductelor AFYY sub pardoseală pe conturul încăperii (detaliu):

- 1 — conductă AFYY; 2 — copcă din ipsos; 3 — umplutură de nisip; 4 — izolare fonică; 5 — carton bituminat; 6 — șapă de egalizare; 7 — parchet; 8 — pervaz.

izolație din hîrtie și manta din plumb este de $+5^{\circ}\text{C}$ (cablurile cu izolație din cauciuc se pot monta pînă la temperaturi de -20°C). În cazurile în care se impune montarea cablurilor în condiții de temperatură sub aceste limite, trebuie să se procedeze la preîncălzirea prealabilă a acestora în încăperi cu temperatura de $+20 \dots +25^{\circ}\text{C}$ pînă ce atinge această temperatură.

În instalațiile interioare este interzis să se folosească cabluri cu înveliș din iută, aceasta fiind un material combustibil care poate înlesni propagarea incendiilor.

a. *Montarea aparentă a cablurilor.* Pe traseele orizontale la montarea aparentă pe console sau pe zidării, distanța între două puncte de fixare trebuie să fie de cel mult 0,75 m pentru cablurile armate și de 0,4 m pentru cele nearmate.

Pe verticală, distanța între punctele de fixare poate să crească pînă la cel mult 2 m.

De regulă, distanța între axele cablurilor de energie se prevede de 10 cm. Pentru alte distanțe privind așezarea cablurilor sînt date indicații (v. tabela 15-1).

Tabela 15-4. Razele minime pentru curbarea cablurilor electrice, în funcție de diametrul lor D

Raza de curbură	Tipul cablu'ui		
	Izolația și mantaua	Tipul de conductoare	Destinația
$R \geq 25 D$	Cu izolație de hîrtie și manta de plumb	Monofilar	Pentru energie
	Idem, și manta de aluminiu	Monofilar și multifilar	Pentru energie și pentru control
$R \geq 15 D$	Cu izolație de hîrtie și manta de plumb	Multifilar	Pentru energie
$R \geq 10 D$	Cu izolație și manta de PVC	Monofilar și multifilar	Idem
	Cu izolație de hîrtie	Multifilar	Pentru control
	Cu izolație de cauciuc (cablu armat)	Idem	Idem
$R \geq 6 \dots 8 D$	Cu izolație de PVC	Idem	Idem
$R \geq 6 D$	Cu izolație de cauciuc (cablu nearmat)	Idem	Idem

Curbarea cablurilor. Pentru curbarea cablurilor electrice armate sau nearmate trebuie să se țină seama de indicațiile din tabela 15-4.

Protejarea cablurilor. La traversările prin zidării, cablurile trebuie să se protejeze prin tuburi metalice sau beton. După caz, aceste treceri se etanșează cu masă bituminoasă (contra umezelii, a prafului, a agenților corosivi etc.).

Tronsoanele de cabluri se taie cu o rezervă de lungime de 2,5—3%, în vederea compensării deformărilor datorită variațiilor de temperatură.

Pe porțiunile de traseu expuse loviturilor, cablurile nearmate se protejează cu tuburi metalice.

În locurile accesibile personalului neautorizat, cablurile (armate sau nearmate) pozate aparent, se instalează la o înălțime de cel puțin 2 m față de pardoseală.

b. *Montarea cablurilor pe stelaje și poduri de cabluri.* La executarea instalațiilor cu cabluri montate pe stelaje și poduri de cabluri se respectă în general aceleași condiții ca la pozarea aparentă a cablurilor; în astfel de cazuri utilizarea cablurilor armate nu este justificată, deoarece ele nu sînt expuse loviturilor.

Așzarea cablurilor se face de regulă la distanța de 10 cm între axele lor.

Stelajele sau podurile de cabluri se execută fie din profile laminate de oțel (cornier, I etc.), fie din aceleași profile executate din tablă de oțel.

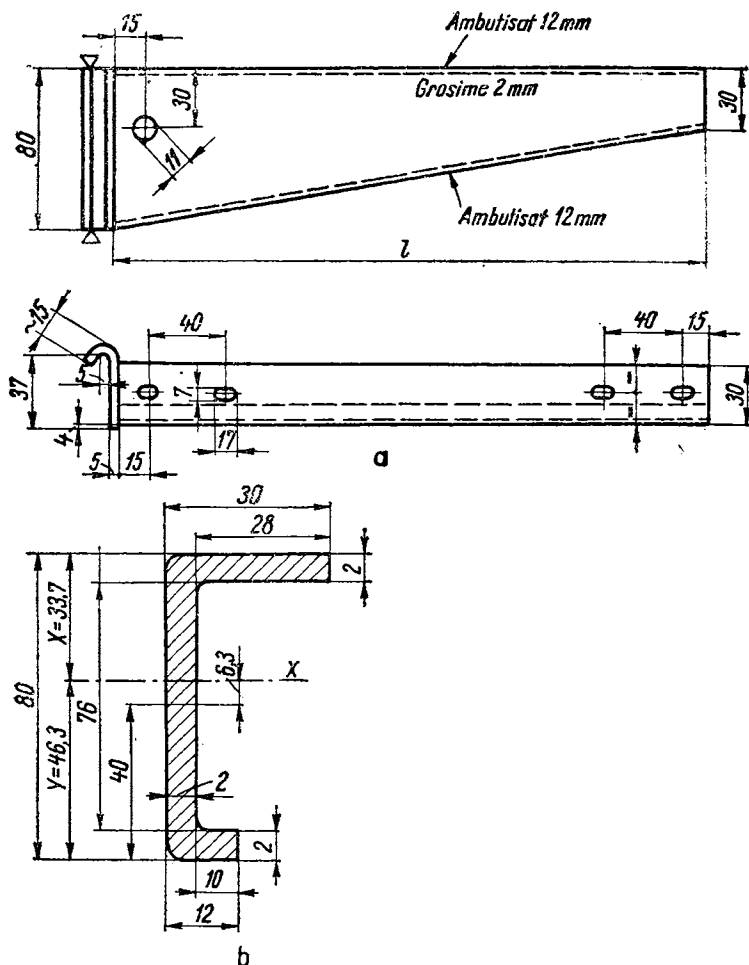
Practica unor întreprinderi de instalații, de exemplu I.I.B. (Întreprinderea de Instalații București), arată că execuția podurilor de cabluri cu profile din tablă duce la soluții mai raționale și mai economice decît execuția cu profile laminate; astfel, I.I.B. execută montaje de poduri de cabluri în execuție prefabricată folosind elemente tipizate produse în atelierele ei centrale. Cu astfel de elemente se pot realiza diferitele tipuri de stelaje și poduri necesare instalațiilor de cabluri electrice de energie, de comandă, de semnalizare etc.

Principalele elemente care intră în alcătuirea stelajelor și podurilor de cabluri tipizate de I.I.B. sînt consola, montantul și longeronul, confecționate din tablă de oțel (OL 38) cu grosimea de 2 mm.

Consola (fig. 15-11) se realizează sub forma unui corp de egală rezistență cu secțiunea indicată în figură și este comparabilă din punct de vedere al rezistenței cu un profil laminat L cu secțiunea de 50×50×7 mm.

În tabela 15-5 sînt indicate datele comparative între consolele confecționate din tablă și cele confecționate din cornier.

Montantul (fig. 5-12), cu greutatea de 5 kg/m, se realizează sub formă de profil dublu T, echivalînd din punct de vedere al rezis-



**Tabela 15-5. Caracteristicile consolelor I.I.B.
pentru stelaje și poduri de cabluri**

Lungimea consolei mm	Consola din tablă de 2 mm grosime		Consola din oțel cornier 50×50×7 mm		Spor de greutate la consola din cornier față de cea din tablă %
	Momentul de inerție I_x cm ⁴	Greutatea consolei kg	Momentul de inerție I_x cm ⁴	Greutatea consolei kg	
300	17,96	1,3	14,6	1,97	51
400		1,47		2,63	79
500		1,53		3,28	114
600		1,75		3,94	125

tenței cu cel din oțel cornier cu secțiunea de (60×60×10 mm), care are greutatea de 8,69 kg/m. În tabela 15-6 se prezintă comparativ unele caracteristici ale montanților din tablă și din oțel cornier.

Longeronul (fig. 15-13) cu lungimea de 1,40 m se realizează sub formă de profil L, cu o aripă întoarsă la 90° înăuntru; are greutatea de 1,5 kg/m și este echivalent din punct de vedere al rezistenței cu unul din oțel cornier cu secțiunea de 30×30×4 mm, care are greutatea de 1,78 kg/m (un spor de greutate de circa 20% față de longeronul din tablă).

La asamblarea podurilor și stelajelor din elemente prefabricate se mai utilizează bride pentru console (fig. 15-14, a) și pentru montanți (fig. 15-14, b), eclise (fig. 15-14, c), traverse (fig. 15-14, d) etc.

**Tabela 15-6. Caracteristicile montanților I.I.B.
pentru stelaje și poduri de cabluri**

Lungimea montantului mm	Montant din tablă de 2 mm grosime		Montant din oțel cornier 60×60×10 mm		Sporul de greutate al montanțului din cornier față de cel din tablă %
	Momentul de inerție I_x cm ⁴	Greutatea montanțului kg	Momentul de inerție I_x cm ⁴	Greutatea montanțului kg	
500	39,94	2,500	34,9	4,345	73
800		4,000		6,952	
1 000		5,000		8,690	
1 200		6,000		10,428	
1 500		7 500		13,035	
2 000		10,000		17,380	

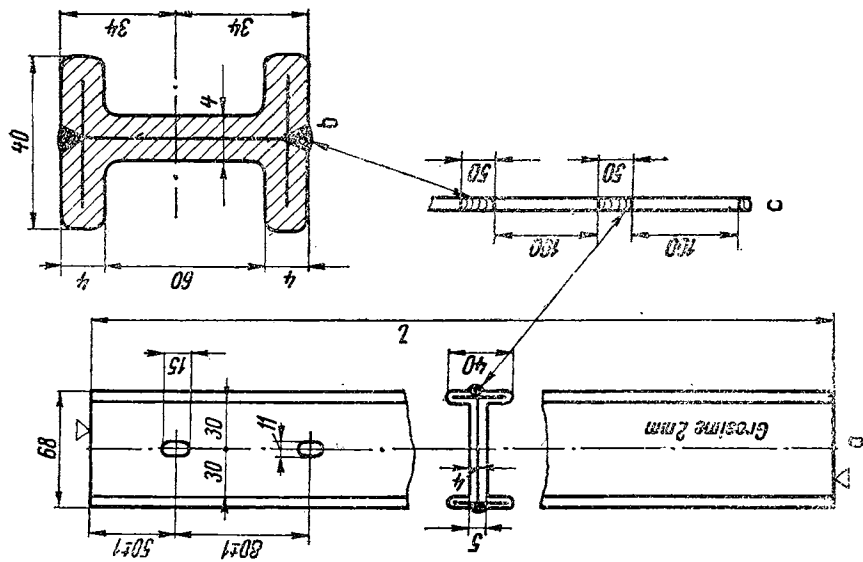


Fig. 15-12. Montant din tablă de oțel, model I.I.B., pentru poduri de cabluri:
 a — elevație; b — secțiune; c — detaliu de sudură în lungul îmbinării.

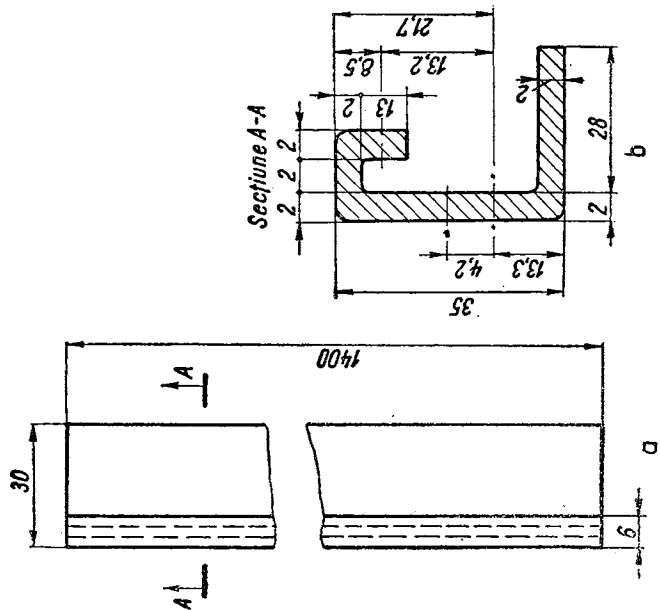


Fig. 15-13. Longeron din tablă de oțel, model I.I.B., pentru poduri de cabluri:
 a — elevație; b — secțiune.

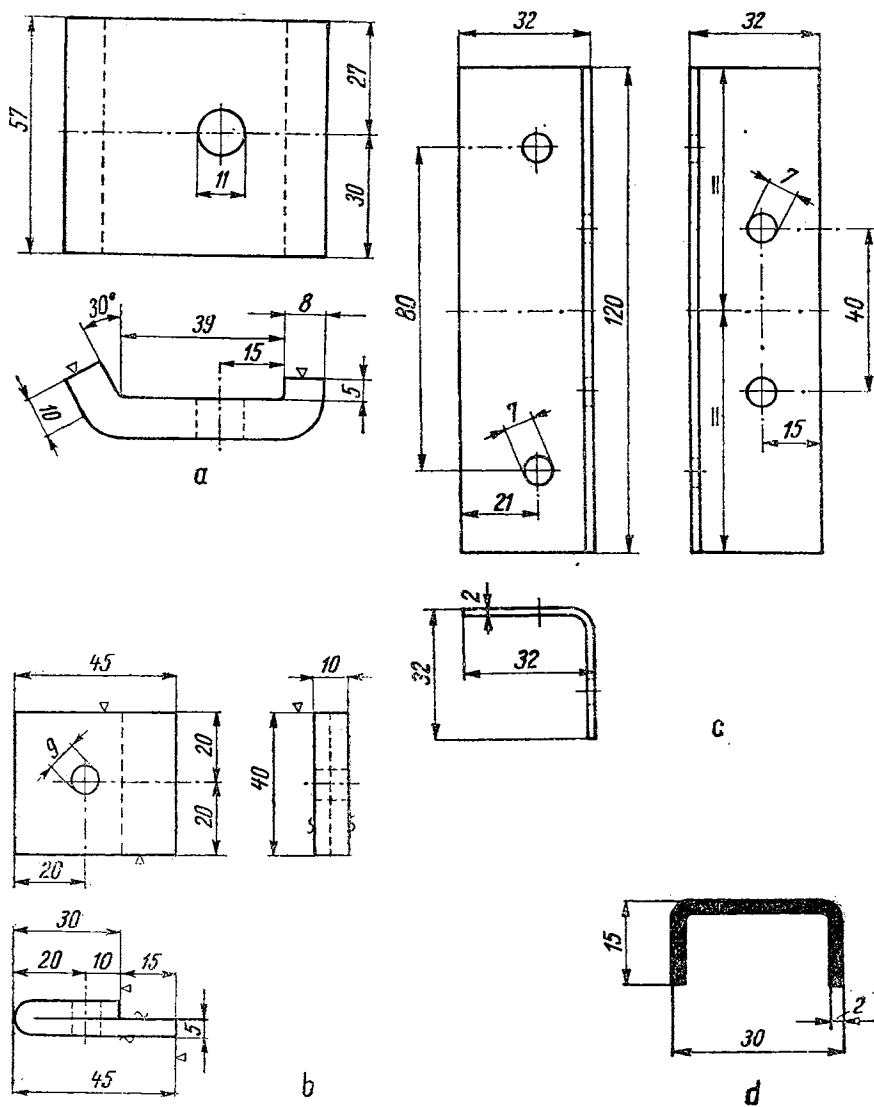


Fig. 15-14. Accesorii pentru poduri de cabluri, model I.I.B.:

a -- bridă pentru consolă; *b* -- bridă pentru montant; *c* -- eclisă pentru poduri; *d* -- traversă (secțiune).

Podurile și stelajele de cabluri se pot realiza în două variante constructive:

— varianta tip scară (fig. 15-15), la care cablurile se așază pe traverse, se utilizează pentru cablurile de energie, cu secțiuni mari;

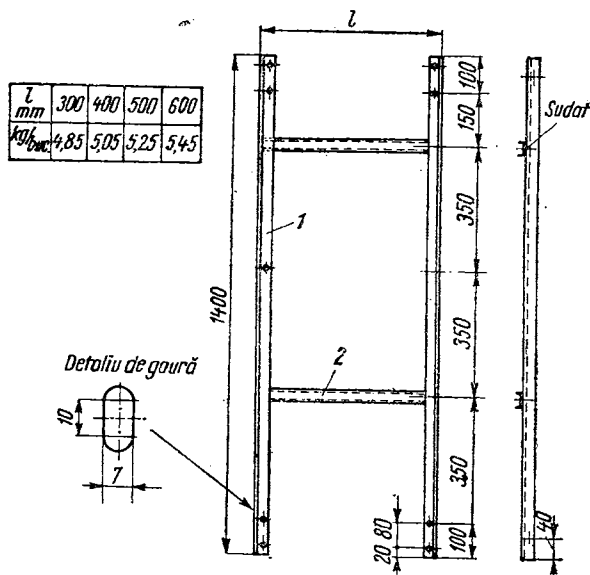


Fig. 15-15. Pod pentru cabluri, model I.I.B., varianta scară:
1 — longeron; 2 — traversă.

— varianta tip placă (fig. 15-16), la care cablurile se așază pe o placă continuă din tablă, se utilizează în special pentru cablurile de comenzi, semnalizări etc.

Podurile se pot monta în următoarele variante:

— cu montanții fixați la pardoseală, depărtați de perete (fig. 15-17);

— cu montanții fixați de perete (fig. 15-18);

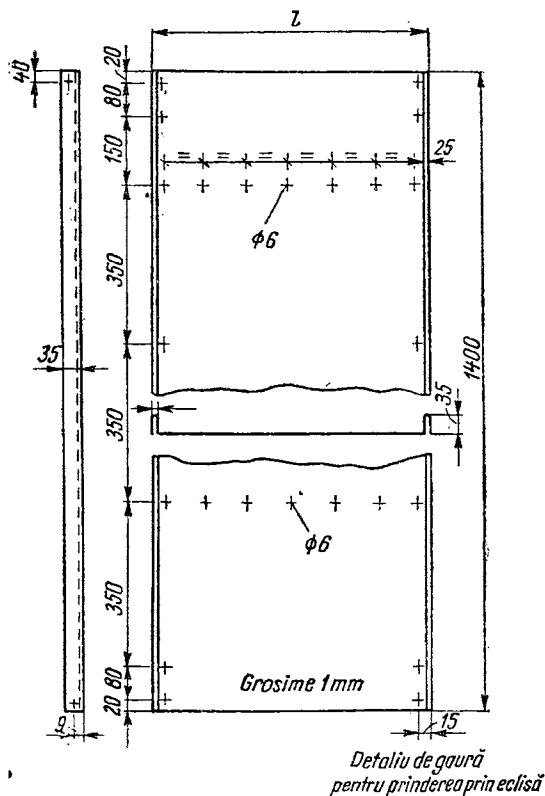
— cu montanții fixați de plafon (fig. 15-19).

În prima și ultima variantă consolele pot fi prevăzute și de ambele părți ale montanților (montaj *brad*).

Pentru devieri de trasee în plan, sau de la un nivel la altul se execută elemente speciale de pod, care asigură racordarea corespunzătoare a traseelor rectilinii ale podurilor de cabluri.

c. *Montarea cablurilor în canale (tuneluri).* Cablurile pot fi montate în una din variantele următoare:

- pe console sau poduri de cabluri (v. punctul precedent b);
- prin pozare liberă pe fundul canalelor;
- prin pozare aparentă pe pereții canalelor.



L mm	300	400	500	600
kg	5,6	6,7	7,8	9

Fig. 15-16. Pod pentru cabluri, model I.I.B., varianta *placă*.

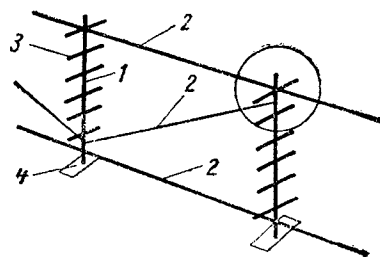


Fig. 15-17. Pod pentru cabluri, model I.I.B., format de pardoseală (scheme):

1 — montant; 2 — longeron; 3 — traversă; 4 — talpă.

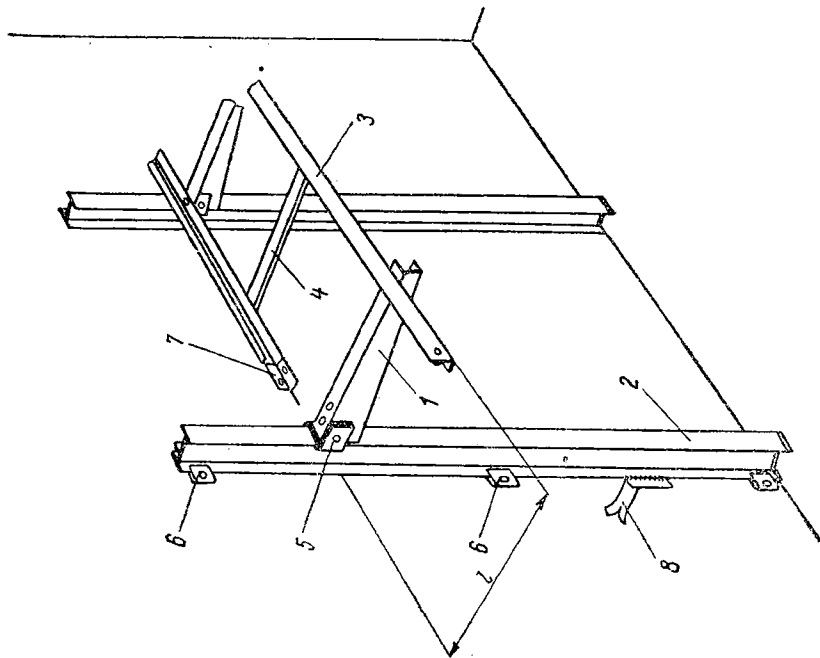


Fig. 15-18. Pod pentru cabluri, model I.I.B., fixat de perete:
1 — consolă; 2 — montant; 3 — longeron; 4 — traversă; 5 — bridă pentru
consolă; 6 — bridă pentru montant; 7 — eclisă; 8 — placă cu piatră
pentru încadrare în zidărie.

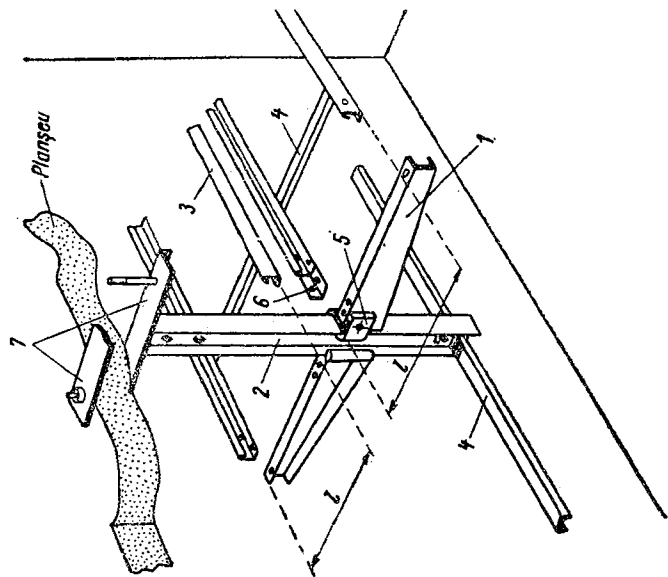


Fig. 15-19. Pod pentru cabluri model I.I.B., fi-
xat de plafon:
1 — consolă; 2 — montant; 3 — longeron; 4 — traversă;
5 — bridă de consolă; 6 — eclisă; 7 — piesă de fixare.

Canalele (tunelurile) pentru cabluri trebuie să fie prevăzute cu posibilități de vizitare comodă și cu pante pentru scurgerea apei; de asemenea trebuie să fie bine izolate hidrofug și bine ventilate. În tuneluri temperatura în timpul verii nu trebuie să depășească cu mai mult decît 10°C temperatura exterioară.

La stabilirea dimensiunilor pentru canale trebuie să se țină seama și de spațiul necesar pentru montarea garniturilor de cablu (manșoane de înădădire, cutii de derivație etc.).

În fig. 15-20...15-23 și în tabela 15-7 sînt indicate soluțiile de echipare și dimensiunile unor tipuri de canale pentru cabluri.

În cazurile cînd cablurile se montează pe o singură latură a canalului (tunelului), cablurile de energie se așază deasupra cablurilor cu alte destinații și se despart de acestea prin elemente continue din materiale rezistente la foc.

Dacă se prevede pozarea cablurilor pe ambele laturi ale canalelor (tunelurilor), pe o latură se montează cablurile de energie și pe cealaltă restul de cabluri.

Se admite pozarea cablurilor electrice în același canal sau tunel cu conducta de aer, conducte pentru fluide neinflamabile, cu condițiile de distanță indicate (v. tabela 15-7).

6. Executarea instalațiilor electrice din locuințe. În locuințele cu caracter orășenesc, instalațiile electrice se prevăd cu circuite separate pentru lumină și prize.

Contoarele de apartament se pot monta în următoarele variante:

— individual, în apartamente, pe perete, la 1,60 m înălțime față de pardoseală (dacă nu împietează asupra mobilării vestibulului), sau în blocul electric de apartament, cuplat cu tabloul de distribuție, cu soneria și eventual cu locul de lampă propriu;

— grupat, pentru mai multe apartamente, dacă soluția de structură și de arhitectură permite (ziduri suficient de groase ca să permită îngroparea firidei de concentrare a contoarelor, încăperi anume destinate etc.).

În varianta grupat se recomandă utilizarea unor subansambluri prefabricate numite *bloc electric de palier*, care grupează firida de distribuție cu firida contoarelor, eventual și cu firida de concentrare a circuitelor telefonice (fig. 15-24).

Firida de bransament se poate amplasa la parter, cît mai mascat (evitîndu-se intrarea principală și holul), la demisol, la subsol (în cazul subsolurilor generale, ventilate) sau eventual la fațada posterioară a construcției.

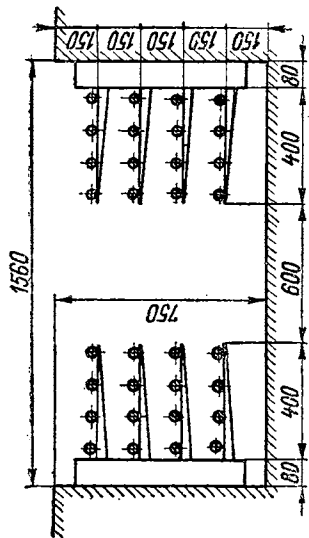


Fig. 15-20. Canal de cabluri cu două rînduri de cîte patru console de 400 mm.

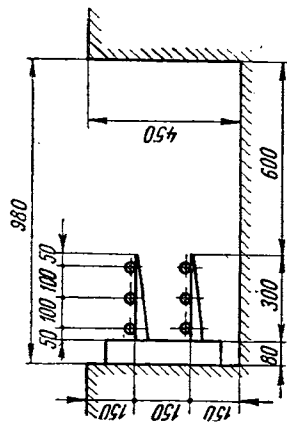


Fig. 15-22. Canal de cabluri cu două console de 300 mm.

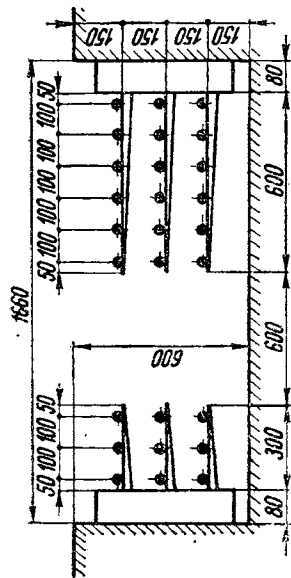


Fig. 15-21. Canal de cabluri cu două rînduri de console, trei de 300 mm și trei de 600 mm.

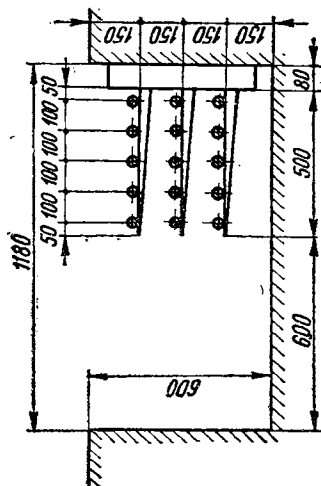


Fig. 15-23. Canal de cabluri cu trei console de 500 mm.

Tabela 15-7. Echiparea și dimensiunile canalelor, în mm, pentru cabluri pozate pe console

Nr. de cabluri	Montare pe un singur perete						Montare pe ambii pereți							
	Console de 300 mm; lățime canal 980		Console de 400 mm; lățime canal 1 080		Console de 500 mm; lățime canal 1 180 mm		Console de 600 mm; lățime canal 1 280		Console de 300 mm; lățime canal 1 580		Console de 400 mm; lățime canal 1 580		Console de 500 mm; lățime canal 1 780	
	Nr. de console	Adin- cime canal	Nr. de console	Adin- cime canal	Nr. de console	Adin- cime canal	Nr. de console	Adin- cime canal	Nr. de console	Adin- cime canal	Nr. de console	Adin- cime canal	Nr. de console	Adin- cime canal
8	3	600	2	450	2	450	2	450	3	450	2	300	2	300
10	4	750	3	600	2	450	2	450	4	450	3	450	2	300
12	4	750	3	600	3	600	2	450	4	450	3	450	3	450
14	5	900	4	750	3	600	3	600	5	600	4	450	3	450
16	6	1 050	4	750	4	750	3	600	6	600	4	450	4	450
18	6	1 050	5	900	4	750	3	600	6	600	5	600	4	450
20	7	1 200	5	900	4	750	4	750	7	750	5	600	4	450
22	8	1 350	6	1 050	5	900	4	750	8	750	6	600	5	600
24	8	1 350	6	1 050	5	900	4	750	8	750	6	600	5	600
26	9	1 500	7	1 200	6	1 050	5	900	9	900	7	750	5	600
28	10	1 650	7	1 200	6	1 050	5	900	10	900	7	750	6	600
30	10	1 650	8	1 350	6	1 050	5	900	10	900	8	750	6	600

Notă. S-au considerat cabluri cu diametrul exterior de 50 mm, așezate la distanța între axe de 100 mm.

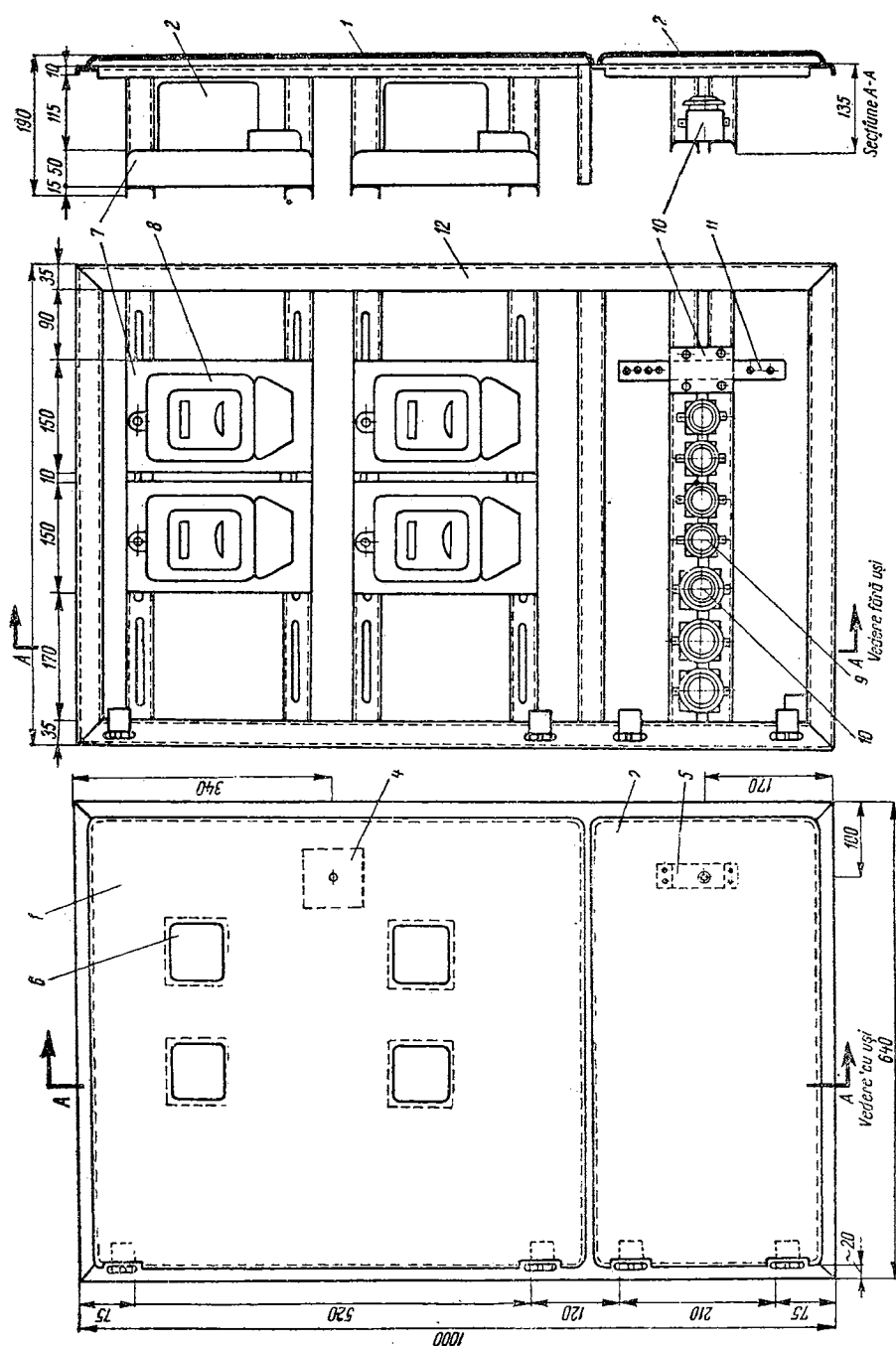


Fig. 15-24. Bloc electric de palier, pentru distribuție concentrată cu patru contoane (după proiect I.P.C.T.):
 1 — uși pentru contoane; 2 — uși pentru siguranțe; 3 — element de separare; 4 — broască normală; 5 — broască tip I.D.E.B.; 6 — vizetă; 7 — tablou pentru contor; 8 — contor monofazat; 9 — siguranță LFI 25 A; 10 — siguranță LFI 60 A; 11 — bară de nul de lucru; 12 — stelaș din tablă de oțel.

Coloanele de distribuție se execută cu tuburi PVC-IP montate îngropat sau mascate în șlițuri. Conductorul principal de protecție se execută din oțel cu diametrul de 10 mm și se pozează pe același traseu cu coloanele. Legăturile de protecție spre apartamente se execută cu conductor din cupru FY, avînd secțiunea de 6 mm², montate în același tub cu conductoarele coloanei de alimentare.

Conductorul principal de protecție se leagă la borna de nul a firidei de bransament; aceasta, la rîndul ei, se leagă la o priză de pămînt pentru repetarea punerii la pămînt a conductorului de nul al rețelei de distribuție. Drept priză de pămînt se folosește în primul rînd priza naturală a construcției (fundațiile, conductele metalice de apă etc.); dacă prin măsurători se dovedește că rezistența de dispersie a prizei naturale nu este corespunzătoare ($R \leq 4 \Omega$), ea se completează cu electrozi artificiali (v. cap. XIV) legați electric cu priza naturală pentru a se obține valoarea prescrisă a rezistenței.

Piesa de separație a instalației de legare la pămînt se instalează în subsol, într-un amplasament ușor accesibil. La aceeași instalație de legare la pămînt se leagă direct suportii antenelor comune de radio și de televiziune, prevăzîndu-se în subsol o piesă de separare proprie (fig. 15-25).

Pentru executarea instalațiilor din apartamente se preferă utilizarea conductelor cu izolație și manta de tip AFYY sau AFYYS.

La clădirile cu tencuieli groase (de ex. cele cu zidării din cărămidă), pentru circuitele de lumină se utilizează conducte AFYY. Este indicat ca circuitele de prize să se pozeze sub pardoseli, fiind mai economice (derivațiile spre prize fiind scurte), 15—30 cm), utilizîndu-se cu precădere conductele AFYYS, ale căror caracteristici superioare permit realizarea traseelor directe, care pot rămîne condamnate sub pardoseli, fără acoperiri de protecție. Pentru alimentarea prizelor cu contact de protecție trebuie să se utilizeze conducte AFYYS prevăzute cu conductor special de protecție din cupru (2×2,5 Al+1×2,5 Cu).

Pentru clădirile care nu au tencuieli suficient de groase (de ex. cele din panouri mari, din beton armat monolit, executate cu cofraje de inventar sau cu cofraje glisante) este rațional să se folosească conductele plate AFYYS, cu trasee sub pardoseli, atît pentru circuitele de lumină cît și pentru cele de priză.

La organizarea instalațiilor din apartamente se urmărește o concentrare rațională a distribuției prin reducerea numărului de doze și scoaterea acestora din încăperile de locuit.

Dozele se pot monta în debara, în cămară, în sas, sau în alte spații mai puțin pretentioase.

În fig. 15-26 și 15-27 sînt indicate unele tipuri de tablouri și firide utilizate în distribuțiile principale din locuințe.

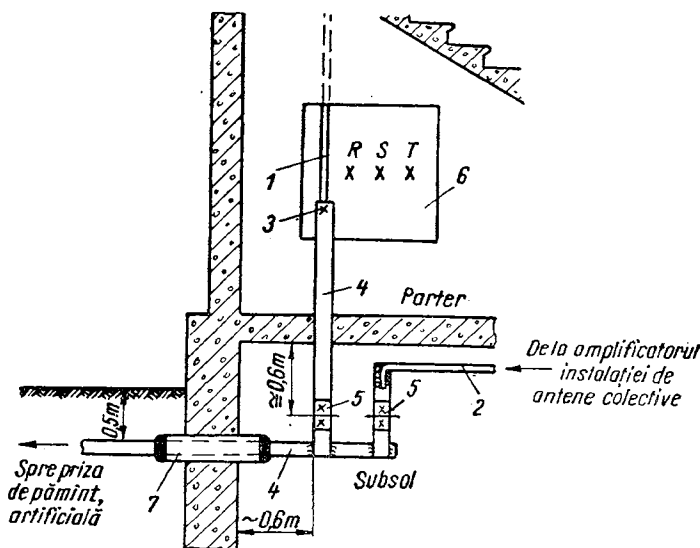


Fig. 15-25. Amplasarea pieselor de separație pentru instalația de legare la pământ, la clădirile de locuit:

1 — conductor principal de protecție OL Φ 10 mm; 2 — conductor de protecție pentru amplificatorul instalației de antene colective — OL Φ 10 mm; 3 — bornă de nul; 4 — conductor de legare la pământ — OL 25 $\times$ 4 mm; 5 — piesă de separație STAS 4102-56; 6 — firidă de bransament; 7 — traversare protejată etanșă.

7. Executarea industrializată a instalațiilor electrice din locuințe.

La acest mod de realizare a instalațiilor din locuințe se pot lua în considerare două sisteme, unul cu instalații independente și un altul — cu circuite înglobate în elementele construcției.

a. *Instalații independente* (instalații prefabricate cu trasee orizontale). O astfel de instalație impune o concentrare avansată a distribuției la 1—3 doze speciale, prevăzute cu cleme. Întreaga instalație se execută în atelier cu circuitele gata montate la dozele de distribuție. Pe șantier se execută numai instalarea aparaturii și montarea circuitelor pe pardoseli, sub stratul de izolație fonică.

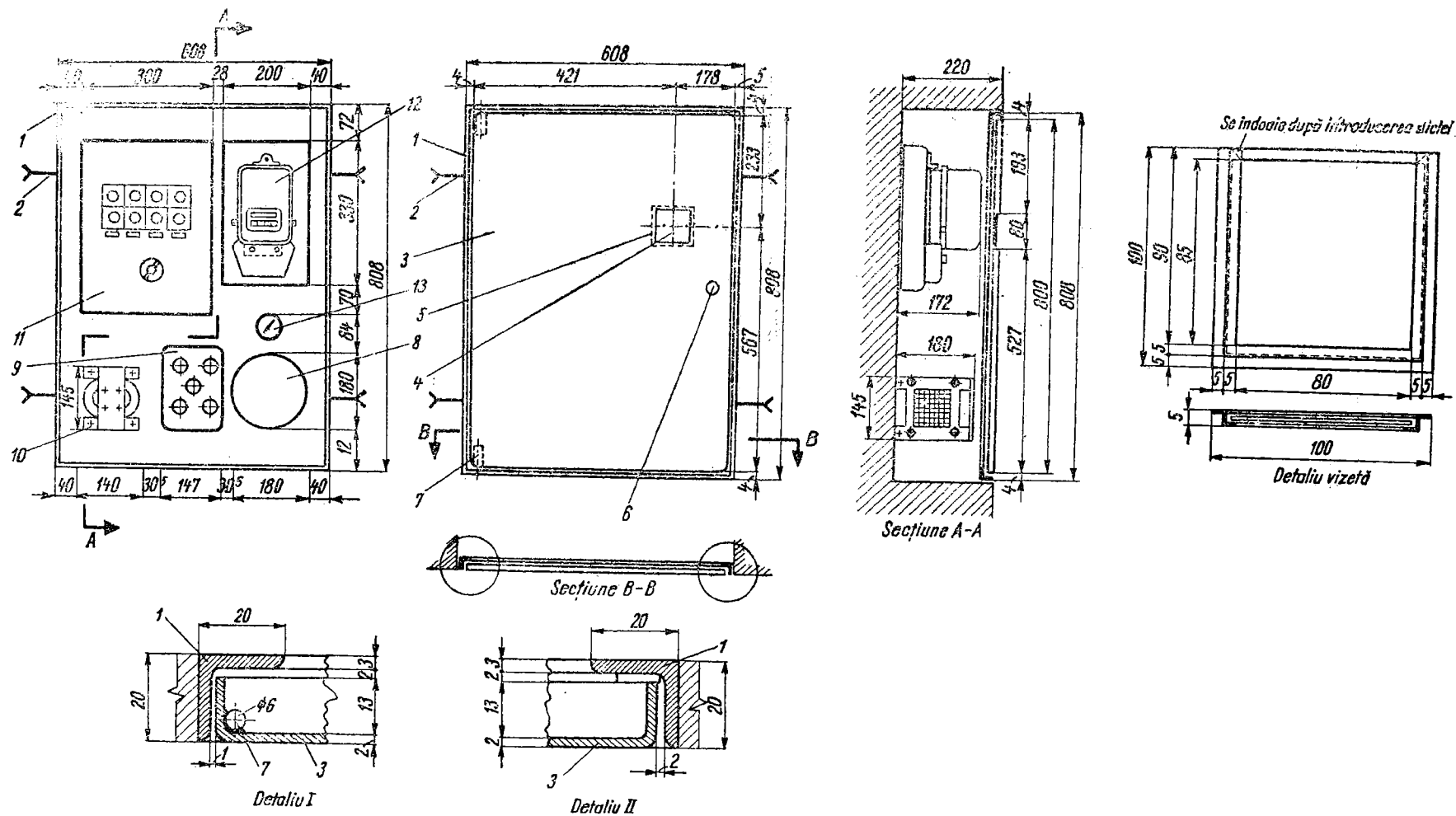


Fig. 15-26. Firidă cu tabloul comun pentru blocuri de locuințe cu patru etaje:
 1 — ramă; 2 — prasnuri de fixare; 3 — ușă de firidă; 4 — vizetă de citire; 5 — ramă de fixare a vizetei; 6 — broască Wertheim; 7 — balama mascată; 8 — automat scară I.A.E.C.; 9 — tablou C2 pentru circuite de 24 V; 10 — transformator lumină; 11 — tablou electric; 12 — contor; 13 — întrerupător transformator subso.

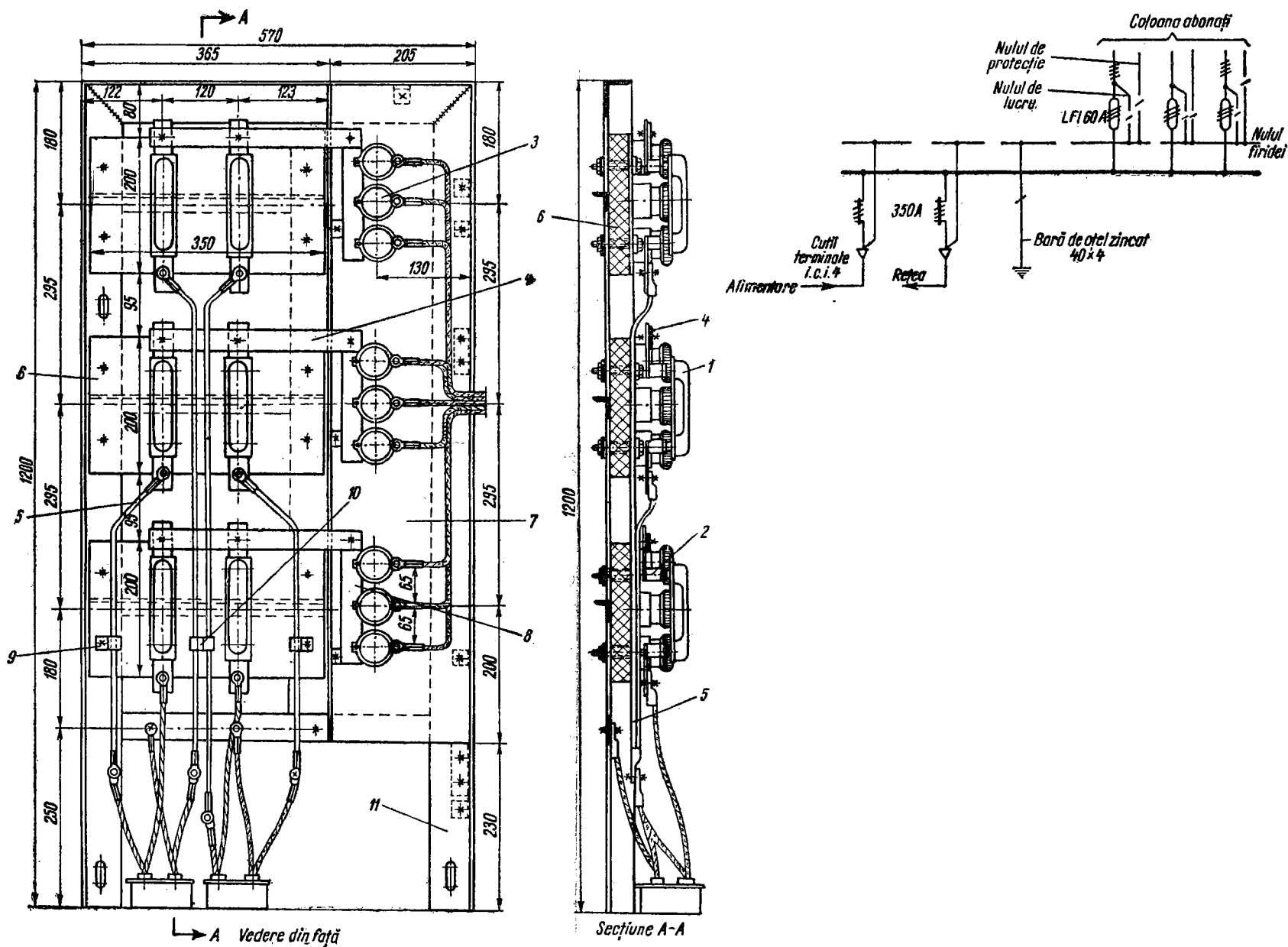


Fig. 15-27. Firidă de bransament pentru blocuri de locuințe:

1 — siguranțe unipolare cu mineri; 2 — furci cu tije; 3 — siguranțe unipolare cu filet (complet); 4 — bară dreptunghiulară; 5 — bară rotundă de cupru; 6 — placă de marmură; 7 — tablă pentru fixarea siguranțelor; 8 — piesă de legătură între siguranțe; 9 — bridă pentru fixarea barelor; 10 — bridă pentru fixarea barelor; 11 — stelaj metalic.

La acest sistem consumul de conducte electrice este cu circa 50% mai mare decât la sistemele clasice, deoarece fiecare loc de lampă și de întrerupător se racordează numai prin dozele de distribuție, iar trecerea dintr-o încăpere în alta se face numai prin golul ușilor.

Sistemul prezintă însă avantaje, și anume:

- nu cere amenajări speciale ale construcției;
- se elimină procesele umede pe șantier;
- manopera se deplasează în proporție de 60% în atelier;
- în ansamblu manopera se poate reduce cu circa 40%;
- se obțin instalații de calitate, asigurată printr-o execuție industrializată în atelierele centrale ale executantului;
- se poate aplica în orice tip constructiv de locuințe, cu condiția încadrării raționale a operațiilor de montare a conductelor electrice în ritmul executării construcției (confecționarea pardoselilor).

În fig. 15-28 este indicat planul unei instalații electrice prefabricate cu trasee orizontale. În fig. 15-29 și 15-30 sînt prezentate unele detalii de montaj caracteristice acestui sistem.

b. *Instalații cu circuite înglobate în elementele construcției.* La o astfel de instalație circuitele electrice se montează în goluri lăsate în elementele de beton ale construcției de la turnarea acestora. Sistemul se poate aplica cu avantaje apreciabile la clădirile executate din panouri de beton armat.

În fig. 15-31 este indicat planul unei instalații cu circuite înglobate (sistem canalex).

În fabrică, la turnarea panourilor, se lasă în fiecare din acestea golurile necesare (fig. 15-32) cu ajutorul unor tuburi de cauciuc cu diametrul de 20/8 mm — fără inserție textilă — și se fixează dozele de aparat și de ramificație; după întărirea betonului, tuburile se trag afară. Astfel se obțin goluri cu pereți netezi, cu trasee drepte sau ocolitoare.

Această metodă de creare a golurilor, numită *canalex*, a fost pusă la punct de I.N.C.E.R.C. (Institutul de cercetări în construcții și economie construcțiilor).

Pe șantier, după montarea panourilor, se execută tragerea conductoarelor, efectuarea legăturilor și montarea aparatelor.

8. Executarea legăturilor electrice. La executarea legăturilor electrice între conductoare sau între acestea și bornele (clemele) aparatelor sau ale utilajelor trebuie să se realizeze condiții de conductibilitate electrică și de rezistență mecanică apropiate de caracteristicile respective ale conductorului.

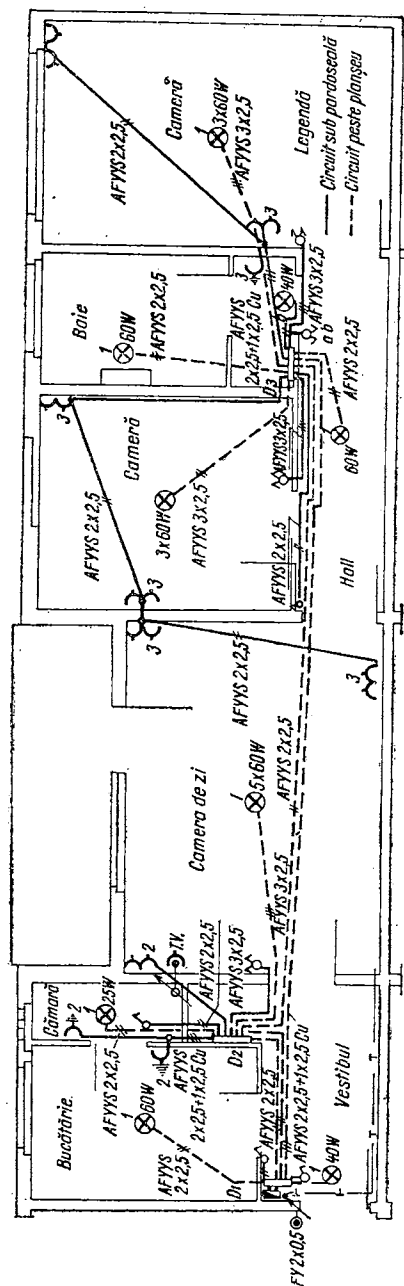


Fig. 15-28. Planul unei instalații electrice cu trasee orizontale (în execuție prefabricată).

Contactele legăturii nu trebuie să se încălzească, la trecerea curentului nominal al conductorului, la mai mult decât $+60^{\circ}\text{C}$; totodată căderea de tensiune pe legătură nu trebuie să depășească 7 mV.

Pentru desizolarea conductoarelor în vederea efectuării legăturilor trebuie să se folosească clești speciali de desizolat, care nu afec-

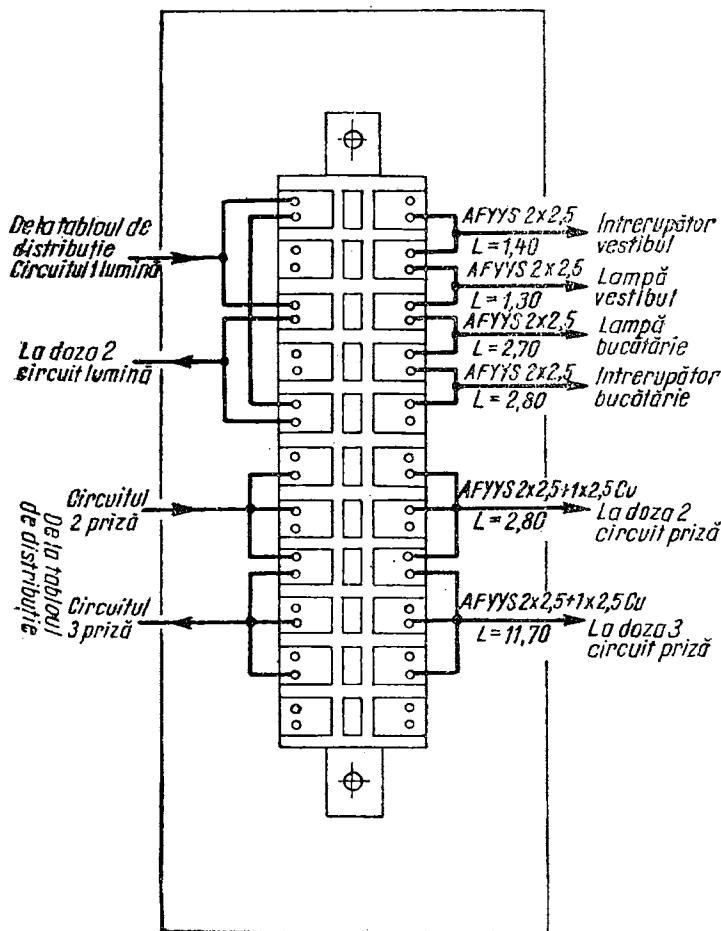


Fig. 15-29. Schema de conexiuni din doza D2 (v. fig. 15-28).

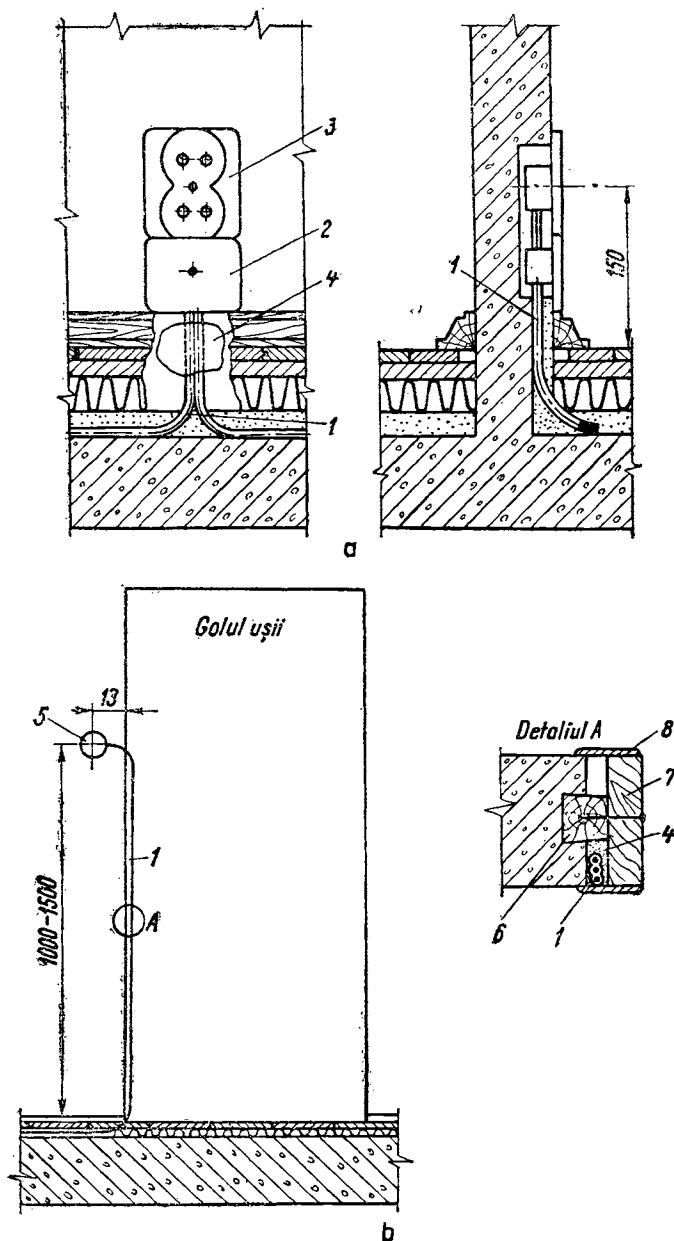


Fig. 30. Detalii pentru montarea aparatelor la instalații cu distribuție orizontală:

a — montarea prizelor; b — montarea întrerupătoarelor; 1 — conductă AFYYS; 2 — doză de derivație; 3 — priză; 4 — fixare cu ipsos; 5 — doză de aparat; 6 — ghermea; 7 — tocul uşii; 8 — pervaz.

să se prevadă piese speciale de îmbinare din cupal (cleme, rondele intermediare etc.) sau să se prevadă sudarea legăturii.

Legăturile în instalațiile cu bare se pot face prin sudură, sau prin bulonare.

Legarea conductoarelor la bornele mașinilor, aparatelor sau tablourilor se poate face direct, pentru conductoare cu secțiuni pînă la 10 mm^2 sau cu papuci (lipiți, sudați sau fixați cu șuruburi pe conductor) pentru cele cu secțiuni mai mari.

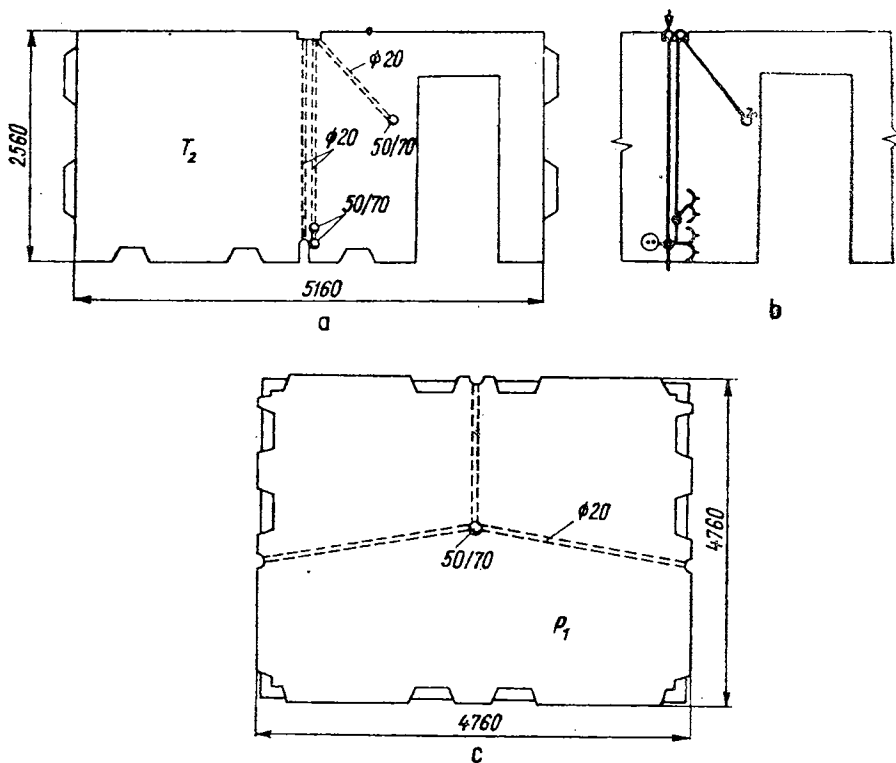


Fig. 15-32. Exemple de panouri din beton armat cu goluri, sistem canalex, pentru instalații electrice (v. fig. 15-31):

a — panou de perete transversal T_2 ; b — schema de echipare electrică a panoului T_2 ; c — panou de planșeu P_1 .

C. MONTAREA PRINCIPALELOR ELEMENTE DE INSTALAȚII

1. **Montarea aparatelor.** *Aparatajul de conectare* se montează numai pe partea fixă a instalațiilor cu excepția aparatelor destinate anumitor utilaje electrocasnice, sau a unor corpuri de iluminat, cu un curent nominal sub 1 A.

Întrerupătoarele și comutatoarele pentru instalații de iluminat se montează de regulă la înălțimea de 1,5 m de la pardoseala finită, la distanța de 15 cm de la golul brut al ușii.

În locuințe se recomandă ca întrerupătoarele și comutatoarele să fie montate la înălțimea drucărului ușii (1,05 m).

Prizele. Pentru montarea prizelor se indică următoarele înălțimi:

0,15—0,30 m în încăperile de locuit, birouri, săli de expoziție etc. (indiferent de natura pardoselii);

1,20—1,40 m în bucătăriile locuințelor;

1,20—1,40 m în încăperi cu pardoseli neizolante din alte clădiri decât locuințe;

0,40 m în oficiile sau în sasurile din locuințe;

1,50 m în camerele de copii din creșe, grădinițe, școli, spitale de copii, cămine.

Aparatele de protecție și de comandă (întrerupătoare, contactoare etc.) se montează fie cu dibluri, direct pe perete, fie pe suporturi metalice (console, stelaje). De regulă aceste aparate se montează la înălțimea de 1,20—1,40 m față de pardoseală, lăsându-se spațiul necesar pentru decuvare (la aparatele cu cuvă de ulei).

La instalațiile etanșe, racordarea la aparate a tubulaturii sau a cablurilor se face cu piese de îmbinare etanșe (mufe filetate sau presetupe).

La racordarea aparatelor de comandă și de manevră, rețeaua se leagă la bornele *R*, *S*, *T*, iar conexiunile spre receptor la bornele *A*, *B*, *C*, respectiv la bornele *A*, *B*, *C* și *X*, *Y*, *Z* în cazul comutatoarelor stea-triunghi.

O dată cu montarea aparatelor se fac și reglajele respective ale elementelor de protecție.

Releele termice ale întrerupătoarelor automate se reglează pentru intensitatea nominală a receptorului. Reglarea unui releu termic este corectă dacă acesta acționează în timp de două minute la un curent cu 50% mai mare decât curentul nominal al receptorului (cum este cazul mersului în două faze a motoarelor trifazate). Dacă această condiție de reglaj este îndeplinită, releul termic nu acționează la curentul de pornire a motoarelor

(releul nu trebuie să acționeze la un curent de 6 ori curentul de reglaj, într-un timp mai scurt decât 2 s pentru motoarele cu pornire normală, respectiv mai scurt decât 5 s pentru motoarele cu pornire grea. La supra-sarcini de 5 sau 20%, releul termic corect reglat nu trebuie să acționeze timp de 2 h, respectiv timp de 1 h.

Relele electromagnetice se reglează în felul următor: se așază butonul sau pîrghia de reglare a releului la poziția 1 I_s (I_s fiind curentul de serviciu) și se conectează motorul, lăsîndu-l să funcționeze timp de 1 h, încărcat la puterea nominală; după acest timp, cu motorul în mers, se deplasează butonul (pîrghia) spre gradația 0,6 I_s pînă cînd releul acționează provocînd deconectarea motorului. Se deplasează apoi butonul sau pîrghia releului spre notația 1 I_s cu una sau două diviziuni. Se verifică apoi prin cîteva porniri repetate ca releele să nu deconecteze la curenții de pornire ai motorului.

2. Executarea și montarea tablourilor de distribuție. Tablourile de distribuție trebuie să fie confecționate numai în ateliere utilizate corespunzător, astfel încît să se asigure o execuție de calitate, cu un preț de cost cît mai avantajos.

La execuția tablourilor se utilizează numai materiale incombustibile și nehiroscopice, cum sînt:

- plăcile de marmură cu dimensiunile stabilite prin STAS 2380-55;

- plăci și profile de oțel (lamine sau executate din tablă ambuțată);

- cutii capsulate (din fontă sau din tablă de oțel).

Drept material suport electroizolant pot fi folosite și plăci de textolit sau pertinax (dar numai montate pe elemente incombustibile), pentru tablouri de semnalizare și comenzi, cu circuite pentru cel mult 6 A (grosimea plăcii de cel puțin 6 mm) și pentru tablouri de comutare sau conexiuni cu cel mult 25 A pe circuit (grosimea plăcii de cel puțin 10 mm).

Secțiunile conexiunilor de pe tablouri trebuie să corespundă curenților maximi admiși de coloanele și circuitele care se conectează la tablou, conform schemei de circulație a acestor curenți.

Pentru conexiunile de curenți mai mari decât 100 A sînt de preferat barele.

Piesele sub tensiune neizolate de pe tablouri trebuie să fie distanțate la cel puțin 3 cm de elementele care nu sînt sub tensiune (stelaj, rame sau cutii de protecție, pereți etc.).

Tablourile nu trebuie să se amplaseze sub conductele de apă, canal, abur etc. Lateral, distanța de la tablou pînă la astfel de conducte trebuie să fie de cel puțin 1,20 m.

Față de sol, distanța pînă la marginea superioară a tablourilor nu trebuie să depășească 2,2 m.

În spatele tablourilor confecționate pe plăci din marmură trebuie să se lase distanțele indicate în tabela 15-8.

Tabela 15-8. Distanțele la spatele tablourilor de manevră

Dimensiunile tabloului mm	250×400	400×500	600×600	600×800	800×1 000	1 000×1 800
Distanța între tablou și perete, în mm	100	150	250	350	600	800

La tablourile metalice sub formă de dulapuri trebuie să se prevadă coridoare de deservire în față și în spate (dacă tabloul este cu acces și din spate) cu lățimea de cel puțin 0,80 m.

În cazul unor tablouri așezate paralel, coridorul dintre ele trebuie să aibă lățimea de cel puțin 1,00 m.

În cazul unor tablouri cu lungimi mai mari decît 7,00 m, coridoarele de deservire trebuie să aibă acces din două părți.

La tablourile capsulate cu curenți sub 200 A, conexiunile se pot realiza direct între bornele echipamentului, renunțîndu-se la utilizarea cutiilor cu bare.

În cazurile cînd tablourile capsulate se montează pe pereți (pe rame), la spatele cutiilor se lasă numai spațiul necesar trecerii circuitelor și coloanelor montate aparent.

În cazurile cînd tablourile capsulate se montează lîngă perete, pe schelete fixate în pardoseală, se lasă la spate un interval de 15 cm. Scheletul se fixează și de perete, cel puțin la latura superioară.

La stabilirea înălțimii de așezare a tablourilor trebuie să se țină seama de posibilitatea de realizare a razei de curbură a cablurilor racordate; după caz, se prevede adîncirea locală a pardoselii, sau pozarea cablului în canal, eventual trecerea acestuia prin pardoseală, la nivelul inferior al clădirii (soluție acceptabilă în special pentru tablourile amplasate la parterul clădirilor, cînd cablurile pot fi montate în subsol).

3. Montarea mașinilor electrice. Mașinile electrice se montează numai după verificarea prealabilă a acestora.

Ridicarea și transportul mașinilor trebuie să respecte prevederile de protecție a muncii cu privire la manevrarea obiectelor grele utilizându-se, după caz, mijloace de transport și de ridicat mecanizate.

Mașinile electrice se pot monta pe fundații de beton, pe suporturi metalice (console, cadre etc.) fixate pe zidării, stâlpi etc.) sau direct pe utilajele pe care le acționează (în cazul motoarelor). În cazuri de provizorat se admite montarea mașinilor pe postamente din lemn (motoare cu puteri pînă la 14 kW).

Fundațiile sau suporturile (postamentele) trebuie să aibă dimensiunile în plan cu cel puțin 150 mm mai mari decît dimensiunile plăcilor sau glisierelor de fixare ale mașinilor și să fie mai înalte decît pardoseala cu cel puțin 150 mm.

În locurile în care există pericol de inundație (unde sînt instalate conducte ce se pot sparge, de ex. în stații de pompare, săli de cazane etc.), înălțimea fundațiilor (postamentelor) trebuie stabilită în mod corespunzător.

În jurul mașinilor trebuie să se rezerve spații suficiente pentru acces, pentru lucrări de revizie și eventual pentru circulație.

În cazul mașinilor rotative se recomandă următoarele distanțe minime:

0,4 m între mașini și perete;

0,8 m între mașini și perete, dacă prin acest spațiu se circulă;

1 m între diferite mașini, sau între mașină și un tablou capsulat;

2 m între mașină și tablouri deschise sau în execuție protejată.

La montarea mașinilor trebuie să se aplice măsuri pentru limitarea zgomotelor supărătoare și a vibrațiilor periculoase utilizându-se materiale elastice corespunzătoare (straturi din plută expandantă, amortizoare din cauciuc sau din oțel etc.).

Motoarele destinate antrenării prin curele de transmisie se prevăd cu glisieră a căror cursă trebuie astfel dimensionată încît să permită întinderea curelei la montare și în exploatare pe măsură ce cureaua se alungește.

În cazul antrenării directe, prin cuple, trebuie să se asigure coaxialitatea întregului agregat (motor-utilaj), cu toleranțele pe care le admite gradul de elasticitate al cuplei.

Dacă antrenarea se face prin intermediul unui angrenaj, trebuie să se asigure paralelismul (respectiv unghiul prescris) pentru arborii principali (motor-utilaj) și angrenarea roților dințate să se facă corect.

4. Montarea condensatoarelor statice. Condensatoarele se montează pe cadre metalice în 1—3 etaje. Între condensatoarele de pe

același etaj se lasă un interval de cel puțin 50 mm. Sub cadrul cu condensatoare se instalează tăvi pentru colectarea scurgerilor de ulei.

În încăperea în care se instalează condensatoarele, temperatura aerului nu trebuie să depășească 35°C și trebuie să se asigure o ventilație corespunzătoare.

XVI. PROTECȚIA- ȘI TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII

A. ACCIDENTELE PRIN ELECTROCUTARE

1. Efectele curentului electric. Un curent electric care trece prin corpul unui om produce efecte ce pot fi grupate în următoarele două categorii:

- efecte interne sau șocuri electrice, manifestate prin contracții musculare, paralizii, leșinuri, oprirea respirației, oprirea inimii;
- efecte de suprafață, cum sînt arsurile, rănirile, metalizarea pielii etc.

În cazul lucrului la înălțime, accidentele prin electrocutare sînt însoțite de cele mai multe ori de fracturi ale membrelor, sau ale coloanei vertebrale.

Gravitatea unui accident prin electrocutare depinde de mai mulți factori, și anume:

- mărimea curentului care străbate corpul accidentatului (curenții mai mici decît 0,01 A sînt considerați nepericuloși, curenții mai mari decît 0,05 A sînt foarte periculoși și în unele cazuri mortali, iar curenții mai mari decît 0,09 A sînt totdeauna mortali);
- traseul urmat de curent prin corpul omului; curenții care străbat organele interne vitale sînt deosebit de periculoși;
- durata acțiunii curentului (cînd accidentatul rămîne sub acțiunea curentului mai mult decît 0,1—0,2 s și curentul străbate inima, accidentul este sigur mortal);
- temperatura și umezeala mediului la locul de muncă;
- mărimea suprafeței de contact între corpul omului și elementele aflate sub tensiune.

2. Cauzele accidentelor prin electrocutare. Accidentele prin atingere directă au de cele mai multe ori la bază una dintre următoarele cauze:

- lucrul sub tensiune;
- accesul persoanelor necalificate la aparate electrice de manevră, la tablouri de distribuție, la bare de distribuție etc.;
- neglijențe la deconectarea instalațiilor pentru lucrări de reparații-întreținere (nu se scot siguranțele, nu se verifică deschiderea separatoarelor, nu se pun placardele avertizoare etc.);
- lipsa mijloacelor de protecție individuală, sau folosirea lor necorespunzătoare;
- utilizarea uneltelor și a corpurilor de iluminat portative de construcție necorespunzătoare sau defecte și a tensiunilor care nu corespund gradului de pericol al locului de muncă.

Principalele cauze ale accidentelor prin atingere indirectă sînt următoarele:

- lipsa sau degradarea instalației de protecție contra atingerilor indirecte;
- utilizarea siguranțelor fuzibile necalibrate;
- șuntarea sau blocarea dispozitivelor de protecție;
- greșala de a lega, în aceeași instalație, unele utilaje la priza de pămînt și altele la conductorul de nul.

B. MIJLOACE ȘI MĂSURI DE PROTECȚIE

1. Mijloace individuale de protecție. De la caz la caz se folosesc următoarele mijloace individuale de protecție:

- mijloace izolante, ca mănuși, cizme și galoși din cauciuc, covoare din cauciuc, grătare și platforme izolante; aceste mijloace se folosesc în instalații de joasă tensiune cînd nu există siguranța asupra lipsei tensiunii, precum și la manevrarea aparatelor de înaltă tensiune;
- mînere din cauciuc pentru clești de tăiat conductoare;
- clești izolanți pentru siguranțe;
- tije izolante pentru manevrarea aparatelor de înaltă tensiune;
- garnitură de scurtcircuitare și legare la pămînt;
- îngrădiri mobile;
- ochelari de protecție folosiți și scoaterea siguranțelor și la desfacerea separatoarelor;

— placarde avertizoare de prevenire, de interzicere, de admitere, de indicare și de anunțare.

De asemenea este foarte indicat ca fiecare muncitor electrician să poarte asupra sa un indicator de tensiune.

2. Măsurile generale de protecție la executarea instalațiilor electrice interioare.

— Pentru operațiile de pregătire a traseelor (trasare, dăltuiri și străpungeri de zidării, planșe etc.) și de montare a instalațiilor electrice trebuie să se asigure inventarul de scule (de bună calitate) necesar, mijloacele corespunzătoare pentru lucru la înălțime (scări, schele, platforme), precum și echipamentul individual de protecție indicat (ochelari, mănuși etc.).

— La executarea instalațiilor electrice interioare, ori de câte ori este posibil, fără a împiedica procesul de producție, se vor scoate de sub tensiune instalațiile existente.

Scoaterea de sub tensiune a instalațiilor existente este obligatorie în următoarele cazuri:

— când lucrările se efectuează în apropierea elementelor neizolate ale instalațiilor existente (bare, linii de contact etc.);

— când se montează instalații cu conductoare neizolate care ar putea atinge instalațiile existente.

— Când executarea instalațiilor electrice se face la lumină artificială trebuie să se asigure un iluminat corespunzător la locul de muncă, fie utilizând instalație de iluminat existentă, sau — în lipsa acesteia — instalații provizorii (executate în condiții de securitate a muncii), fie lămpi portative (alimentate la tensiuni corespunzătoare gradului de pericol corespunzător locului de muncă).

— În încăperi cu pericol de incendiu sau de explozie, de regulă este interzis să se execute lucrări de instalații în timpul desfășurării procesului de producție. Se interzice lucrul cu foc deschis (foc de forje, lămpi de benzină, aparate de sudură etc.).

— În încăperile în care nu există pericol de incendiu, sau de explozie, folosirea focului deschis este admisă, cu anumite precauții, pentru prevenirea incendiilor și a accidentelor de muncă.

— La folosirea lămpii de benzină se va avea grijă ca rezervorul să nu fie umplut mai mult decât $\frac{3}{4}$ din capacitatea lui. Este interzis să se ridice în mod exagerat presiunea în rezervorul lămpii, să se scoată bușonul sau becul lămpii când aceasta este aprinsă sau când nu este complet răcită. Este oprit să se lucreze cu lampa de benzină sau cu aparatul de sudură în apropierea utilajelor electrice cu cuve de ulei (transformatoare, întrerupătoare, condensatoare etc.).

— De regulă, ținându-se seama de multitudinea cauzelor care pot să creeze situații periculoase, uneltele (și lămpile) electrice portative trebuie să fie alimentate la tensiuni reduse, și anume:

- la 24 V, în locuri periculoase;
- la 12 V, în locuri foarte periculoase.

Se admite și utilizarea uneltelor portative alimentate la tensiuni pînă la 42 V, cu condiția să se prevadă o măsură de izolare suplimentară de protecție (izolarea carcasei uneltei, izolarea amplasamentului etc.).

În cazurile cînd nu se dispune de unelte portative care să funcționeze la tensiune redusă, se admite folosirea uneltelor cu tensiuni pînă la 380 V, cu următoarele condiții:

- alimentarea acestora să se facă printr-un transformator de separare de protecție;
- prevederea unei izolări suplimentare pe carcasa uneltei, iar aceasta din urmă să fie legată la o instalație de protecție (la pămînt, la nul);
- prevederea folosirii mijloacelor individuale izolante (mănuși, cizme, covor de cauciuc etc.).

Uneltele electrice (și lămpile electrice) portative alimentate direct la tensiunea rețelei pot fi utilizate numai în locurile cu grad mic de pericol și numai dacă nu există posibilitatea atingerii simultane a unei unelte și a unei legături bune cu pămîntul, sau a două unelte electrice.

În cazurile în care se folosesc unelte electrice alimentate la tensiune redusă trebuie să se țină seama de următoarele condiții:

— pentru obținerea tensiunii reduse trebuie să se folosească transformatoare coboritoare, de tip special de protecție, prevăzute cu o izolație întărită* (este interzis să se folosească auto-transformatoare sau rezistențe electrice); mai pot fi folosite surse independente: acumulatori, convertizoare (cu înfășurări separate și cu izolație întărită);

— este interzis ca pe partea tensiunii reduse să se efectueze legături la instalația generală de protecție (la pămînt, la nul etc.) sau cu instalații cu tensiuni superioare; uneltele alimentate la tensiune redusă nu se vor lega la instalația de protecție.

— Pentru executarea instalațiilor amplasate la înălțime se pot prevedea următoarele utilaje:

- scări de lemn duble, dat numai pentru înălțimi pînă la 2,5 m;
- schele sau platforme mobile;

Scara trebuie să fie verificată înainte de întrebuințare astfel încât să aibă toate treptele în bună stare și să fie bine încăstrate în cadru; lățimea la capătul de sus al scării trebuie să fie de cel puțin 50 cm, iar distanța între trepte de cel mult 35 cm.

Lungimea scării trebuie să corespundă înălțimii la care se va lucra (la 0,8 m mai sus decît capătul scării); este interzis să se prelungească scara cu adaosuri din scînduri.

Este interzis să se lucreze pe scări în următoarele cazuri:

- la instalații plasate la înălțimi mai mari decît 2,5 m;
- lîngă și deasupra transmisiilor și a organelor de mașini aflate în funcțiune (curele de transmisie, volante, angrenaje etc.);
- în apropierea părților de instalații electrice aflate sub tensiune;
- în apropierea utilajelor cu temperaturi ridicate (cuptoare, cazane) sau cu foc deschis (forje, injectoare etc.);
- în apropierea bazinelor deschise;
- în apropierea balustradelor (pe balcoane, pasarele etc.).

Schelele și platformele trebuie să aibă lățimea de cel puțin 1 m și să fie prevăzute cu balustrade înalte de cel puțin 1 m; construcția schelelor și platformelor trebuie să fie solidă, astfel încît să poată suporta greutatea muncitorilor, precum și a materialelor și sculelor de care aceștia au nevoie.

Nu este permis să se fixeze de schele sau platforme dispozitive pentru ridicarea materialelor sau pentru întinsul conductoarelor.

Schelele și platformele metalice, în cazul cînd la lucrări se folosesc unelte electrice, trebuie să fie legate la instalația de legare la nul (sau la pămînt) cea mai apropiată.

Pentru accesul la corpurile de iluminat plasate la înălțimi mari trebuie să se folosească mijloacele speciale deținute acestui scop, ca: platforme mobile telescopice, schele deplasabile, poduri rulante (acestea cu aprobarea șefului exploatării respective).

— În locurile de muncă în care pericolul de electrocutare este mărit (încăperile umede și ude, spațiile cu dimensiuni restrînse, spațiile în care temperatura este ridicată) executarea lucrărilor de instalații electrice trebuie să se facă sub supravegherea directă a maistrului respectiv, după ce instalațiile electrice din apropiere, care ar putea fi atinse, s-au scos de sub tensiune.

Toate obiectele metalice care ar putea fi atinse în timpul lucrului și care ar putea să intre sub tensiune în mod accidental trebuie să fie legate la o instalație de protecție, astfel încît la o eventuală intrare sub tensiune să poată provoca deconectarea instalației defec-

tate și să limiteze potențiale periculoase ce ar putea să apară între aceste obiecte.

În locurile cu pericol de incendiu sau explozie montarea instalațiilor electrice este permisă numai dacă procesul tehnologic care prezintă pericol este oprit, dacă materialele periculoase au fost evacuate și numai după ce s-au luat măsuri corespunzătoare de ventilație.

— La ridicarea și transportul utilajelor grele trebuie să se țină seama de următoarele reguli:

— este interzis să se manevreze cu brațele utilaje a căror greutate repartizată depășește 50 kg de fiecare muncitor;

— este interzisă ridicarea manuală a greutăților mai mari decât 50 kg;

— greutatea de transportat, pe orizontală, la distanța de cel mult 60 m nu trebuie să depășească:

10 kg pentru adolescenți (16—18 ani) de sex feminin;

16 kg pentru adolescenți (16—18 ani) de sex masculin;

20 kg pentru femei peste 18 ani;

50 kg pentru bărbați peste 18 ani (sănătoși și corespunzători din punct de vedere fizic).

La manevrarea tamburelor cu cabluri se vor utiliza mijloace mecanizate pentru ridicarea sau coborîrea acestora de pe vehiculele cu care se face transportul lor. Trecerea tamburelor peste anumite denivelări se poate face cu ajutorul unor planuri înclinate, cu un unghi de cel mult 15° , dimensionate și consolidate în funcție de greutatea și de dimensiunile tamburului.

— La pozarea cablurilor lucrătorii vor fi astfel repartizați încât să-i revină fiecăruia o greutate de cablu de cel mult 30—35 kg.

La așezarea cablului în canale, la deviația traseului, muncitorii nu se vor plasa între cablu și pereții dinspre interiorul curbei traseului, pentru a nu fi accidentați la tragerea cablului.

La așezarea și trecerea cablurilor prin spații înguste, prin deschizături, șlițuri etc. se va preveni rănirea mâinilor, lucrîndu-se cu atenție sporită; în caz de nevoie se va prevedea iluminatul local, cu lămpi portative de tensiune redusă.

În timpul încălzirii și turnării masei izolante trebuie să se folosească mănuși și ochelari de protecție. La turnarea masei izolante trebuie să se folosească vase speciale — cu cioc — pentru a asigura curgerea liniștită, fără stropi, a materialului topit.

La sudarea și lipirea conexiunilor de cabluri trebuie să se folosească ochelari și mănuși de protecție.

În cazurile cînd se lucrează la instalații de cabluri existente trebuie să se ia măsuri suplimentare de protecția muncii, și anume:

- se scot cablurile de sub tensiune, înainte de demontarea lor;
- cablurile și manșoanele demontate vor fi sprijinite cu scînduri sau cu bucăți de lemn rotund, pentru ca să evite smulgerea cablului din manșoane.

Tăierea cablurilor sau desfacerea manșoanelor sau a cutiilor terminale se face numai cu cablul scos de sub tensiune și numai cu asigurarea următoarelor condiții suplimentare de protecție;

- rama metalică a ferăstrăului se leagă la pămînt, printr-un conductor flexibil; de asemenea se leagă la pămînt cuțitul pentru tăierea mantalei cablului și pentru tăierea masei izolante din manșon;

- muncitorul trebuie să fie echipat cu mănuși și cizme electroizolante și cu ochelari de protecție; locul de muncă va fi izolat suplimentar față de pămînt cu un grătar din lemn sau cu un covor din cauciuc.

Deplasarea cablurilor aflate sub tensiune este de regulă oprită. În cazuri excepționale, cînd cablul nu poate fi scos de sub tensiune (de ex. cînd alimentează un receptor deosebit de important a cărui întrerupere nu poate fi admisă), și numai cu avizul energeticului șef al exploatării respective, se admite deplasarea cablului, dar numai pe distanțe de 5 m cu respectarea următoarelor reguli speciale:

- muncitorii vor folosi mănuși electroizolante, protejate pe deasupra cu mănuși din pînză și vor purta cizme de cauciuc;

- armătura și mantaua de plumb a cablului se va lega la pămînt;

- manșoanele de înădîire și de derivație vor fi fixate pe scînduri, astfel încît în timpul deplasării să nu se producă smulgerea cablului;

- lucrările se efectuează numai sub supravegherea directă a unui tehnician și de către muncitori cu experiență în așezarea cablurilor.

— Suporturile pe care se montează tablourile electrice (panouri, console, schelete metalice etc.) trebuie să fie dimensionate corespunzător și să fie bine fixate în zidării, pardoseli etc.

Lucrările la tablourile electrice se încep numai după ce părțile instalației care sînt legate de tablou au fost scoase de sub tensiune. În cazul că la tablou se racordează instalații noi, este interzis să se procedeze la identificarea circuitelor prin punerea lor sub tensiune;

aceasta se va face prin etichetarea circuitelor, sau prin folosirea conductelor cu izolație în culori diferite.

La spatele tablourilor trebuie să se lase un spațiu dimensionat corespunzător pentru executarea în condiții de siguranță a lucrărilor de montare și de întreținere.

Elementele conductoare montate pe tablouri se prevăd cu capace izolante protectoare contra atingerilor.

La tablourile neprotejate este interzis să se monteze aparate prevăzute cu legături în față.

Tablourile care prin construcția lor nu sînt protejate, vor fi utilizate numai în încăperi anume destinate sau în dulapuri, firide sau cutii protectoare prevăzute cu uși cu chei speciale.

Aparatele electrice trebuie să fie verificate temeinic, în special în ceea ce privește starea izolației, astfel încît la punerea lor în funcțiune să nu apară pericolul de electrocutare.

Aparatele se montează numai în poziția și la înălțimea prevăzută prin proiect, astfel încît să asigure manevrarea aparatului fără pericol și stabilitatea necesară a acestuia.

Instalația de protecție trebuie executată și verificată înainte de a se trece la montarea receptoarelor.

Pentru a se evita accidente prin atingere indirectă în timpul montării instalațiilor electrice trebuie să se respecte următoarea ordine de executare a lucrărilor:

- se execută întâi priza de pămînt și se verifică rezistența de trecere, adăugînd la nevoie numărul de electrozi necesari pînă ce se obține valoarea prevăzută în proiect;

- se execută circuitul principal de protecție (centura de protecție) și se verifică continuitatea electrică a acestuia;

- se montează piesa de separație între centura de protecție și priza de pămînt, se verifică continuitatea electrică a îmbinării și valoarea rezistenței electrice a ansamblului instalației;

- se leagă carcasele fiecărui receptor (receptorul nefiind sub tensiune) la centura generală de protecție, verificîndu-se continuitatea fiecărei legături;

- se pot pune receptoarele sub tensiune;

- se verifică funcționarea instalației de protecție prin punerea la masă a unui conductor de fază.

În cazurile în care nu este posibil să se respecte ordinea operațiilor arătate mai sus în executarea instalațiilor de protecție, circuitele de alimentare și receptoarele electrice nu vor fi puse sub tensiune decît după ce ansamblul instalației de protecție (centura de

protecție, conductoarele de legătură, priza de pământ etc.) a fost montat și verificat.

Operațiile de verificare a continuității electrice a instalației de protecție, măsurarea rezistențelor și verificarea funcționării se face sub supravegherea conducătorului tehnic al lucrărilor de instalații electrice, iar rezultatele se consemnează într-un proces verbal, datat.

3. Măsuri de protecție la lucrări speciale.

a. *La lucrări de sudură electrică.* Încăperile închise în care se efectuează permanent lucrări de sudură electrică (atelierele de sudură) trebuie să fie prevăzute cu instalație de ventilație mecanică. Este interzis ca în atelierul de sudură sau în alte încăperi sau spații închise (subsoluri, tuneluri etc.) să se folosească generatoare de sudură acționate cu motoare cu explozie.

Pardoseala acestor încăperi trebuie să fie executată din materiale izolante (calupuri de lemn, asfalt etc.).

Pentru alimentarea utilajelor de sudură (convertizoare, transformatoare) se prevăd cabluri tip MCG, acestea trebuie să aibă următoarele lungimi minime: 2 m de la priză până la mașina de sudat și 10 m pentru cordonul cleștelui de sudat.

Pentru racordarea utilajelor de sudură mobile trebuie să se prevadă tablouri echipate cu prize speciale cu contact de protecție, cu siguranțe fuzibile și cu întrerupător.

Carcasele metalice ale utilajelor de sudură și ale aparatelor de comandă, precum și masa sau suporturile metalice pe care se așază piesele ce se sudează se vor lega la priza de pământ a instalației electrice.

Bornele transformatorului de sudură care se conectează la rețea trebuie să fie marcate în mod distinct, altfel decât bornele secundare, la care se conectează cablul pentru cleștele de sudură și cel pentru masă.

Cînd lucrările de sudură urmează să se efectueze în puțuri sau canale, în care există posibilitatea acumulării de gaze toxice sau explozive, trebuie să se verifice dacă aerul nu este viciat; iluminatul locului de muncă în astfel de spații trebuie să se facă cu lămpi portative de tip minier, care sînt protejate contra exploziilor.

În locurile de muncă foarte periculoase (în rezervoare metalice, pe construcții metalice etc.), iluminatul locului de muncă se va face la tensiunea de 12 V.

Cînd se lucrează la înălțime trebuie să se prevadă asigurarea contra căderii atît a muncitorilor (prin folosirea centurii de siguranță) cît și a utilajelor și a uneltelor de sudură.

b. Măsuri de protecție la instalațiile de acumulatoare electrice. Montarea în condiții de securitate a bateriilor de acumulatoare impune respectarea unor măsuri speciale de protecție a muncii, și anume:

- la impregnarea stelajelor de lemn cu substanțe conservante (vopsea antiacidă, carbolineum etc.) trebuie să se folosească mănuși protectoare și șorț de cauciuc;

- manipularea plăcilor se va face numai cu mănuși de cauciuc;

- la executarea îmbinărilor cu sudură în plumb se va folosi masca filtrantă de protecție sau se va asigura o foarte bună ventila a locului de muncă.

La diluarea electrolitului trebuie să se respecte următoarele reguli speciale:

- totdeauna se va turna acidul concentrat în apă (în cazul acumulatoarelor cu plăci de plumb) și niciodată apa în acid (în caz contrar amestecul se face cu violență, cu degajare intensă de căldură; vasul în care se face amestecul se poate sparge, stropii de acid pot să producă accidente grave, arsuri ale pielii, orbirea etc.);

- în timpul cînd se lucrează cu electroliți este obligatorie purtarea mănușilor, a șorțului și a galoșilor de cauciuc, precum și a ochelarilor de protecție;

- turnarea electrolitului în elementele de acumulator se face folosind vase și pîlnii de sticlă sau de ebonită de capacitate corespunzătoare.

Electrolitul și apa distilată se păstrează în damigene de sticlă prevăzute cu coșuri de protecție din metal sau răchită și astupate cu dopuri de sticlă sau de ceramică. Aceste vase se păstrează numai la sol în încăperi anume destinate. În aceste încăperi trebuie să se prevadă instalarea unei chiuvete de apă, precum și prezența de substanțe neutralizante, care în caz de accident să poată fi folosite pentru combaterea efectelor caustice ale electrolitului.

La încărcarea bateriilor de acumulatoare cu o tensiune mai mare decît 40 V trebuie să se respecte regulile generale de protecție contra atingerilor directe. De cîte ori este posibil, măsurătorile și verificările se vor face cu bateria deconectată.

În încăperea bateriei de acumulatoare este interzisă staționarea îndelungată a personului de exploatare, mai ales cînd bateria este pusă la încărcat.

Este obligatoriu ca în încăperea în care este montată bateria de acumulateoare să se asigure o ventilare mecanică sau naturală, care să asigure eliminarea degajărilor toxice precum și a hidrogenului (rezultat din disocierea apei din electrolit); acesta, în amestec cu aerul, poate să formeze un amestec exploziv.

Este interzis să se lucreze cu foc deschis (lampă de benzină, aparat de sudură etc.) în camera acumulateoarelor.

Este interzis să se efectueze sudarea acumulateoarelor în funcțiune sau puse la încărcat.

4. Măsuri de protecție în exploatarea instalațiilor electrice.

a. *Verificarea instalațiilor electrice.* În general verificarea se face cu instalația scoasă de sub tensiune. După scoaterea instalației de sub tensiune trebuie să se procedeze (pe fiecare fază a instalației) la verificarea lipsei tensiunii. Pentru aceasta trebuie să se facă numai cu dispozitive speciale (un indicator de tensiune cu lampă de neon, o lampă cu incandescență de control, sau un voltmetru avînd corpul din material izolat). Cordoanele lămpii de control și a voltmetrului trebuie să fie confecționate din conductoare flexibile de cupru izolate (cu lungimea de cel puțin 50 cm) și să fie prevăzute cu electrozi cu mînere izolante (înainte de folosire, dispozitivele de control trebuie să fie verificate la tensiune).

După ce s-a verificat lipsa de tensiune, trebuie să se ia măsurile de asigurare contra revenirii tensiunii, astfel:

— se zăvorăsc aparatele de manevră, se demontează siguranțele fuzibile, se închid cu cheia ușile tablourilor de distribuție de la care s-a făcut deconectarea instalației, se montează plăcuțe avertizoare de interdicere (de ex. plăcuța cu textul *Nu cuplați — se lucrează!*);

— se scurtcircuitează fazele instalației (după punctul de deconectare a acestuia, cît mai aproape de locul de muncă) și se leagă la instalația de protecție cea mai apropiată.

În cazurile cînd verificarea se face cu instalația sub tensiune (cum ar fi, de exemplu, pentru verificarea funcționării corpurilor de iluminat, a receptoarelor de forță, a aparatului, pentru reglări, măsurări etc.), personalul va lucra echipat cu mănuși și cizme (galoși) de cauciuc.

Dacă locul de muncă este umed se va folosi și grătarul sau platforma izolantă drept mijloc suplimentar de izolare.

În funcție de configurația instalației și a condițiilor de la locul de muncă se vor folosi și alte mijloace de prevenire, ca aparate și

scule cu mînere izolante, îngrădiri mobile, plăcuțe avertizoare de amintire etc.

b. *Punerea sub tensiune a instalațiilor electrice.* Este interzis să se pună sub tensiune instalații neverificate sau instalații provizorii care ar putea constitui un pericol pentru personalul șantierului (chiar dacă acestea ar urma să funcționeze un timp foarte scurt).

Înainte de a se efectua punerea sub tensiune a unei instalații se efectuează următoarele operații:

— se verifică poziția de repaus a receptoarelor (respectiv poziția deschis a întrerupătoarelor care le comandă);

— se verifică starea legăturilor de protecție (legarea la nul, legarea la pămînt etc.);

— se avertizează personalul care ar putea să vină în contact cu instalația respectivă;

— se controlează dacă în locurile periculoase se găsește vre-o persoană (în tunelele de cabluri, între utilaje, între barele conductoare etc.);

— se înlocuiesc plăcuțele avertizoare de interdicție sau de amintire cu altele prin care se arată că instalația este sub tensiune;

— se verifică pe partea dinainte a întrerupătorului (sau a separatorului) succesiunea normală a fazelor.

La manevrarea întrerupătorului (separatorului), în funcție de condițiile locale, trebuie să se folosească mijloacele individuale de protecție (mănuși, cizme, grătar izolant, ochelari, tijă izolantă etc.).

c. *Întreținerea instalațiilor de lumină și de forță.* Lucrările de întreținere a instalațiilor electrice care necesită atingerea părților conductoare neizolante se pot executa numai după ce s-au luat următoarele măsuri de protecție:

— se scoate instalația de sub tensiune și se asigură contra revenirii tensiunii;

— se așază plăcuțe avertizoare de interdicere, de amintire etc.;

— se montează îngrădirile provizorii necesare.

Lucrătorii trebuie să lucreze înbrăcați în echipament de protecție (salopetă completă, bluză și pantalon); este oprit să se lucreze în maiouri, cu pantaloni scurți etc.

La înlocuirea siguranțelor, electricianul trebuie să poarte galoși și mănuși electroizolante, capul acoperit și ochelari de protecție.

Este oprit să se lege — chiar și provizoriu — direct la bornele tablourilor, lămpi portative, aparate, motoare sau unelte de lucru.

În cazurile în care se lucrează în spatele tabloului aflat sub tensiune, se asigură izolarea suplimentară a locului de muncă prin utilizarea mijloacelor izolante (covorul de cauciuc, grătarul izolant etc.) și se realizează (după caz) un iluminat local corespunzător, cu lămpi portative la tensiune redusă.

Este interzis să se mențină în exploatare instalații degradate sau improvizate. Orice instalație care ar putea provoca accidente prin electrocutare trebuie să fie scoasă de sub tensiune; repunerea sub tensiune nu se va putea face decât după ce instalația respectivă a fost revizuită în mod corespunzător.

În cazurile când unele elemente ale instalației necesită verificări și reparații care trebuie să se efectueze la locul de funcționare (motoare și aparate grele, cutii de cabluri, bare etc.) trebuie să se ia următoarele măsuri de siguranță:

— se scot siguranțele circuitului pe care se lucrează și se predau la atelierul electric;

— se așază la aparatele de pornire plăcuțe avertizoare cu textul *Nu cupla — se lucrează!*;

— se demontează organele de transmisie (curele, cuplunguri etc.);

— se îngrădește locul de muncă pentru a preveni accesul persoanelor străine.

Efectuarea unor astfel de reparații cu instalația sub tensiune este interzisă.

În cazurile în care utilajele defecte urmează să fie trimise la atelier, se va proceda imediat la dezlegarea lor de la circuitul de alimentare, astfel încât să se prevină intrarea accidentală sub tensiune; nu se vor desface însă legăturile de protecție (legarea la pământ sau la nul) decât în momentul în care aparatul sau mașina se ridică pentru a fi transportată la atelier. La reinstalarea acestora, după ce reparația a fost efectuată, se procedează întâi la efectuarea legăturilor de protecție și apoi la racordarea circuitului de alimentare.

C. MĂSURI DE PRIM AJUTOR ÎN CAZ DE ELECTROCUTARE

În toate cazurile promptitudinea în intervenție și în acordarea primului ajutor este hotărâtoare în acțiunea de salvare a accidentatului prin electrocutare.

De îndată ce s-a semnalat un accident trebuie să se dea alarma și să se anunțe personalul sanitar al șantierului sau întreprinderii, fără însă a părăsi accidentatul; acesta are nevoie de ajutor din primul moment și nu poate fi lăsat singur nici pentru cel mai scurt timp.

1. Degajarea accidentatului. În primul rînd accidentatul trebuie scos de sub acțiunea curentului electric; pentru aceasta trebuie imediat să se scoată de sub tensiune partea de instalație electrică cu care accidentatul se găsește în contact.

Scoaterea de sub tensiune a instalației poate să se facă prin manevre obișnuite (deschiderea întrerupătoarelor, scoaterea siguranțelor etc.), dacă aparatele de manevră se găsesc în apropierea locului în care s-a produs accidentul.

În cazurile în care efectuarea acestor manevre nu se poate face suficient de repede, este necesar să se procedeze imediat la deconectarea forțată a instalației cu mijloacele ce se pot improviza, de la caz la caz, în funcție de modul în care s-a produs accidentul și de situația în care se găsește persoana accidentată.

În toate cazurile salvatorul trebuie să se izoleze electric cît mai bine, folosind mijloacele ce îi stau la îndemînă.

În instalațiile de joasă tensiune, dacă deconectarea instalației nu se poate face în nici un fel, se poate proceda la desprinderea accidentatului, trăgîndu-l cu un obiect izolant (o prăjină, o scîndură etc.).

Dacă accidentatul a fost surprins lucrînd la înălțime (pe stilpi, scară, schelă etc.) trebuie să se ia măsuri pentru a preveni agravarea accidentului prin fracturi, răniri etc.

2. Primul ajutor. După degajarea victimei de sub acțiunea curentului, dacă aceasta și-a pierdut respirația, se începe imediat aplicarea respirației artificiale, chiar la locul accidentului, cu următoarele pregătiri:

— accidentatul trebuie să fie întins comod, pe un așternut uscat; i se scoate haina (la nevoie, dacă accidentatul are și răni sau fracturi, hainele se rup sau se taie), i se desfac gulerul, cravata și șireturile de la încălțăminte:

— i se deschide gura și i se ține limba astfel încît să nu-l sufoc;

— se înlătură persoanele de prisos;

— dacă ajutorul se dă într-un spațiu închis, se asigură o bună ventilare a încăperii, prin deschiderea ușilor și ferestrelor.

Toate aceste pregătiri trebuie să se facă repede.

3. Aplicarea respirației artificiale.

a. *Metoda cu participarea mai multor persoane* (minimum două persoane). Accidentatul este culcat cu fața în sus, avînd sub omoplați o pernă improvizată din rufărie, haine etc. Limba scoasă, se leagă cu o batistă pe sub bărbie sau se ține cu mîna. Persoana care aplică respirația artificială se așază în genunchi la capul accidentatului, îl apucă de mîini, aproape de coate, și începe imediat mișcările de respirație. Pentru expirație se apasă ușor mîinile în jos și pe părțile laterale ale pieptului, numărînd 1, 2, 3.

Pentru inspirație se ridică mîinile accidentatului și i se dau peste cap, numărînd 4, 5, 6.

Numărînd din nou 1, 2, 3 se readuc mîinile și se apasă iar pe piept, începînd astfel din nou ciclul expirație-inspirație. Aceste mișcări se repetă în ritm de 15—16 cicluri pe minut.

Exercițiul de respirație fiind obositor se impune înlocuirea la intervale scurte de timp a persoanei care îl aplică.

Metoda nu poate fi aplicată victimelor cu fracturi la brațe, omoplați, clavicule. În aceste cazuri trebuie să se folosească echipamentele speciale de reanimare cu care este dotat șantierul.

b. *Metoda cu o singură persoană*. Accidentatul este așezat cu fața în jos, cu o mînă întinsă, iar cu cealaltă sub frunte, astfel încît gura și nasul să rămîină libere pentru o bună respirație. Salvatorul este așezat în genunchi, peste mijlocul accidentatului și apasă cu mîinile, cu toată greutatea, toracele victimei, provocînd prin aceasta evacuarea aerului din plămîni, numărînd 1, 2, 3. Pentru inspirație salvatorul se apleacă înapoi cu mîinile pe toracele victimei, fără apăsare, numărînd 4, 5, 6. Operația se aplică în ritm de 15—16 cicluri pe minut.

Respirația artificială nu se va întrerupe nici chiar pentru a transporta victima la punctul sanitar (exceptînd cazurile în care victima poate fi preluată, la locul accidentului, de un personal sanitar prevăzut cu mijloace speciale de salvare, aparat pentru respirație artificială etc.), ci trebuie continuată pînă cînd victima este în afară de pericol.

Drept regulă generală, trebuie să se țină seama că moartea reală poate fi constatată numai de medic.

BIBLIOGRAFIE

1. *Antoniu, I. S.* Electrotehnică și măsuri electrice. București, Legătoria și tipografia învățămîntului, 1958.
2. *Bădulescu, N.* Linii și stații electrice — Indreptar. București, Editura tehnică, 1962.
3. *Băilescu, A., Savopol, D.* Iluminatul electric — Indreptar. București, Editura tehnică, 1962.
4. *Boțan, N. V., ș.a.* Acționarea electrică și utilajul electric al podurilor rulante normale. București, Editura tehnică, 1960.
5. *Chiriță Gh.* Materiale pentru instalații electrice. București, Editura didactică și pedagogică, 1964.
6. *Clondescu, Gh.* Acumulatele electrice. București, Editura tehnică, 1962.
7. *Feodorov, A.A. ș.a.* Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale (traducere din l. rusă). București, Editura tehnică, 1965.
8. *Jansen, J.* Technique de l'éclairage. Paris, Biblioteque Technique Philips, 1956.
9. *Kuznețov, M. I.* Electrotehnica industrială (traducere din l. rusă). București, Editura tehnică, 1962.
10. *Mukoseev, A.* Voprosi elektrosnabjenie promišlenih predpriatii. Moskva, Gosenergoizdat, 1963.
11. *Nicolescu, E., Răduț, C.* Mașini electrice fabricate în R.P.R. București, Editura tehnică, 1965.
12. *PHILIPS, Derek.* Lighting in architectural design. New York, Mc Graw-Hill Company, 1964.
13. *Popa, M. și Ene, M.* Culegere de probleme de electrotehnică și de energetică. București, Editura didactică și pedagogică, 1964.
14. *Siemens Schuckert, A. G.* Formel und Tabellenbuch. Essen, W. Giradet-Verlag, 1960.
15. *Simulescu, D., Huhulescu, M.* Aparate electrice de joasă tensiune. București, Editura tehnică, 1962.
16. *Suțrim, M. ș.a.* Tehnica securității în instalațiile electrice. București, Editura tehnică, 1963.
17. C.S.C.A.S. Normativ privind proiectarea, executarea și recepționarea lucrărilor de instalații electrice cu tensiuni pînă la 1 000 V, la clădiri civile și industriale, I-7-62. Buletinele C.S.C.A.S. nr. 19—20/1962 și 23/1963 și broșură C.S.C.A.S./1963.
18. C.S.C.A.S. Normativ privind proiectarea, executarea și recepționarea instalațiilor de paratrăsnete la clădiri civile și industriale, 30.06.60. Buletinul C.S.C.A.S. nr. 20/1960.

19. C.S.C.A.S. Normativ pentru proiectarea și executarea construcțiilor din punct de vedere al prevenirilor incendiilor. Buletinul C.S.C.A.S. nr. 9, 10 și 11/1964 și broșură C.S.C.A.S./1965.
20. M.E.E.I.E. Instrucțiunea nr. 58—55 pentru determinarea eficacității compensării puterii reactive. București, Editura energetică de stat, 1955.
21. M.M.E.E. Departamentul Energiei Electrice. Norme de tehnica securității pentru instalațiile electrice de joasă tensiune. I.S.P.H., 1965.
22. * * * Manualul inginerului electrician. București, Editura tehnică, 1953—1959.
23. * * * ASSOCIATION FRANCAISE DE L'ECLAIRAGE. Recommendations relatives a l'éclairage des batiments et de leurs annexes. Paris, 1963.
24. * * * Commission internationale de l'éclairage. Directives de travail des comités techniques, 2^{me} Edition — 1965. Note d'information pour la prédétermination de l'éclairement et de la luminance (E-3.1.1.1.—1962). Supplement au Buletin C.I.E. édité par le Bureau Central—Paris.
25. Standardele de Stat din 1949—1965.
26. VDE — Vorschriften — Band. I. Gruppe 1: Starkstromanlagen. Berlin, 1963.

Notă. La elaborarea lucrării s-a avut în vedere forma revizuită (în curs de definitivare) a normativului 1.7—62, un studiu al C.S.C.A.S. — I.N.C.E.R.C. privind asimilarea de noi corpuri de iluminat și proiecte și detalii tip de instalații electrice ale C.S.C.A.S. — I.P.C.T.; de asemenea, s-a ținut seamă de formele noi ale unor standarde în curs de revizuire (citate în lucrare).

TABLA DE MATERII

Prefață	5
I. Generalități	7
A. Tabele generale	7
B. Relații uzuale în electrotehnică	20
C. Clasificarea construcțiilor, încăperilor și a locurilor de muncă	40

Partea I.

MATERIALE, APARATE ȘI MAȘINI

II. Materiale folosite în instalații electrice	46
A. Tuburi izolante și de protecție	46
B. Izolatoare de porțelan pentru instalații cu tensiuni sub 1 kV	52
C. Conductoare și cabluri electrice	56
D. Materiale pentru instalații cu bare neizolate în execuție protejată	76
E. Tablouri de distribuție	77
F. Lămpi electrice și corpuri de iluminat	95
G. Oțeluri de construcție	125
III. Aparate electrice	131
A. Generalități	131
B. Aparate de conectare	132
C. Aparate de protecție	149
D. Aparataj divers	170
E. Aparate de măsurat	181
F. Transformatoare de măsură	191
G. Procedee și scheme de măsurare	198
H. Acumulatori electrice cu plăci de plumb	203
I. Condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere în instalațiile de joasă tensiune	209
IV. Mașini și utilaje electrice	211
A. Generalități	211
B. Mașini electrice rotative	214
C. Transformatoare de forță	214
D. Autotransformatoare	230
E. Redresoare cu semiconductoare	231

Partea a II-a

PROIECTAREA ȘI EXECUTAREA INSTALAȚIILOR

V. Consumatori și sarcini	238
A. Generalități	238
B. Determinarea curentului de calcul	243
C. Determinarea pierderilor de putere în rețele și în transformatoare	255
D. Determinarea puterilor cerute pentru dimensionarea posturilor de transformare	257
E. Determinarea consumului anual de energie	258
VI. Distribuția energiei electrice	262
A. Generalități	262
B. Sisteme de distribuție a energiei electrice la joasă tensiune	263
C. Organizarea rețelilor de distribuție de joasă tensiune	265
D. Schemele tablourilor de distribuție	268
VII. Coloane și circuite electrice	269
A. Compunerea coloanelor de distribuție	269
B. Determinarea secțiunii conductoarelor la coloane și circuite electrice	270
C. Protecția receptoarelor și coloanelor electrice	299
D. Condiții de îndeplinit la pornirea directă a motoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit	301
VIII. Calculul curenților de scurtcircuit în instalațiile de joasă tensiune	306
A. Generalități	306
B. Valorile curenților de scurtcircuit	307
C. Verificarea la scurtcircuit	311
IX. Instalații electrice de forță	317
A. Generalități	317
B. Planul și schema electrică a unei instalații electrice de forță	319
C. Comenzi la distanță, blocaje și comenzi automate	320
D. Linii de contact pentru poduri (grinzi) rulante și electropalane	327
X. Iluminatul electric	334
A. Generalități	334
B. Alegerea surselor de iluminat	353
C. Calculul iluminării	360
D. Aprecierii prin calcul a calității iluminatului	384
E. Întreținerea instalațiilor de iluminat	396
XI. Instalații pentru îmbunătățirea factorului de putere	398
A. Generalități	398
B. Reducerea pierderilor de putere realizată prin instalațiile de compensare	399
C. Cheltuielile anuale	401
D. Economia de cheltuieli anuale prin instalații de compensare	403
E. Determinarea coeficienților de repartitie	404
F. Determinarea puterii instalațiilor de compensare	407
G. Factorul de putere optim	412
H. Compararea cheltuielilor anuale de calcul pentru diferite puteri ale instalației de compensare	414
I. Schemele de conectare ale condensatoarelor statice	416

XII. Instalații de acumuloare	421
A. Generalități	421
B. Regimuri de utilizare a bateriilor de acumuloare	423
XIII. Instalații de paratrăsnete	427
A. Generalități	427
B. Organizarea instalațiilor de paratrăsnete	428
XIV. Protecția contra electrocutării	435
A. Generalități	435
B. Apariția tensiunilor accidentale de atingere	437
C. Instalația de legare la pământ	439
D. Rezistența de trecere a prizelor de pământ	442
E. Protecția prin legare la nul	446
F. Protecția prin releu de tensiune accidentală	450
G. Egalizarea potențialelor	451
H. Separarea de protecție	452
I. Alimentarea cu tensiune redusă	452
J. Izolarea suplimentară de protecție	452
K. Indicații de protecție pentru instalațiile de iluminat	452
XV. Executarea instalațiilor electrice	454
A. Generalități	454
B. Executarea instalațiilor cu conductoare, bare sau cabluri	456
C. Montarea principalelor elemente de instalații	489
XVI. Protecția muncii și tehnica securității muncii	493
A. Accidentele prin electrocutare	493
B. Mijloace și măsuri de protecție	494
C. Măsuri de prim ajutor în caz de electrocutare	505
Bibliografie	508

Redactor responsabil: ing. TRAIAN CODREANU
Tehnoredactor: THEODOR IVAN

Dat la cules: 06.07.1966. Bun de tipar: 10.12.1966. Apărut: 1966. Tiraj: 17.000+140 exempl. legate. Hirtie: semivelină de 63 g/m². Format: 610×860/16. Coli editoriale: 25,04. Coli de tipar: 32. Planșe tipar: 2. A 9.696/1966 C.Z. pentru bibliotecile mari: 621.3. C.Z. pentru bibliotecile mici: 621.

Tiparul executat sub comanda nr. 390/66, la Întreprinderea poligrafică „Crișana” Oradea, str. Moscovei nr. 5.
Republica Socialistă România.

AU APĂRUT:

CARTEA INSTALATORULUI
DE APĂ ȘI CANAL
(ed. a II-a)

de ing. *Nijescu I. și Bălan N.*

CARTEA INSTALATORULUI
DE GAZE COMBUSTIBILE
(ed. a II-a)

de ing. *Munteanu Gh.*

ASCENSOARE ELECTRICE
(lucrare completă)

de colectiv ing. *Crăciunoiu Victor*